



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR - MATRIZ

FACULTAD DE INGENIERÍA

MAESTRÍA EN TRANSPORTES

AUTOR: ING. LUIS BOLÍVAR ANDRADE FREIRE

**“PROPUESTA DE UNA METODOLOGÍA PARA
SELECCIÓN DEL TREN MOTRIZ Y CHASIS PARA
VEHÍCULOS DE TRANSPORTE COLECTIVO EN EL
ECUADOR”**

DIRECTOR: MÁSTER FREDI PAREDES VÁSQUEZ.

QUITO, SEPTIEMBRE 2015.

La presente Tesis de Grado ha sido realizada enteramente por el señor: **Ing. Luis Bolívar Andrade Freire**, bajo la Dirección del **Ing. Fredi Paredes Vásquez** revisada por el **Ing. Gustavo Yáñez** y el **Ing. Diego Egas**, quienes dejan constancia de lo antes indicado.

Ing. Fredi Paredes Vásquez
DIRECTOR

Ing. Gustavo Yáñez
REVISOR

Ing. Diego Egas Varea
REVISOR

ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE CONTENIDOS	iii
INDICE DE FIGURAS.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE ECUACIONES	ix
CAPÍTULO I:.....	10
1. DESCRIPCIÓN DEL TREN MOTRIZ Y EL CHASIS DE LOS VEHÍCULOS DE TRANSPORTE COLECTIVO.....	10
1.1 PROBLEMA, OBJETIVOS Y ALCANCE	10
1.1.1 Antecedentes	10
1.1.2 Planteamiento del Problema.....	11
1.1.3 Objetivo General.....	11
1.1.4 Objetivos Específicos.....	12
1.1.5 Justificación.....	12
1.1.6 Alcance	14
1.2 MARCO LEGAL.....	14
1.2.1 Constitución de la República del Ecuador	14
1.2.2 Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Transito y Seguridad Vial	15
1.2.3 Ley de prevención y control de contaminación ambiental.....	16
1.2.4 Reglamento General para la Aplicación de la Ley de Tránsito y Transporte Terrestres.....	16
1.2.5 Normas Técnicas NTE del Instituto Nacional Ecuatoriano de Normalización INEN	17
1.2.6 Reglamentos Técnicos RTE del Instituto Nacional Ecuatoriano de NormalizaciónINEN.....	20
1.3 MARCO TEÓRICO.....	22
1.3.1 Tipos de Vehículos.....	22
1.3.2 Tren Motriz.....	24

1.3.3	<i>Parámetros de Funcionamiento de un motor de combustión interna</i>	36
1.3.4	<i>Parámetros de funcionamiento de una caja de cambios</i>	40
1.3.5	<i>Parámetros de funcionamiento de un diferencial</i>	42
1.3.6	<i>Parámetros de funcionamiento de un neumático</i>	43
1.3.7	<i>Chasis</i>	45
1.3.8	<i>Condiciones adicionales que influyen en el comportamiento de un vehículo</i>	49
CAPÍTULO II:		56
2.	DESARROLLO DE LA PROPUESTA DE UNA METODOLOGÍA PARA SELECCIÓN DEL TREN MOTRIZ Y CHASIS PARA VEHÍCULOS DE TRANSPORTE COLECTIVO EN EL ECUADOR	56
2.1	DESARROLLO DEL SOFTWARE PARA LA APLICACIÓN TREN MOTRIZ	59
2.1.1	<i>Definición del flujograma para el diseño de la propuesta</i>	61
2.1.2	<i>Selección de neumáticos</i>	67
2.1.3	<i>Selección de la caja de cambios</i>	69
2.1.4	<i>Selección del motor</i>	71
2.1.5	<i>Selección del diferencial</i>	71
2.1.5	<i>Selección del chasis</i>	76
2.2	MANEJO DEL SOFTWARE	78
2.2.1	<i>Ejecución para el manejo del programa</i>	78
CAPÍTULO III:		88
3.	PRUEBA EN CAMPO DE LA METODOLOGÍA PROPUESTA EN EL TRANSPORTE COLECTIVO DEL CANTÓN IBARRA	88
3.1	PROBLEMÁTICA DEL TRANSPORTE COLECTIVO EN LA CUIDAD DE IBARRA	88
3.1.1	<i>Número de unidades por marca de circulación Cooperativa 28 de Septiembre</i>	88
3.1.2	<i>Número de unidades por marca de circulación Cooperativa San Miguel de Ibarra</i>	89
3.2	ANÁLISIS DE BUSES DE LA COOPERATIVA 28 DE SEPTIEMBRE DEL CANTÓN IBARRA	91
3.2.1	<i>Rutas de circulación de unidades Cooperativa 28 de Septiembre</i>	91

3.2.2	<i>Ruta de circulación San Cristóbal – Arcángel cooperativa 28 de septiembre</i>	92
3.2.3	<i>Análisis de datos obtenidos de tren motriz bus Isuzu FTR.....</i>	96
CAPÍTULO IV:		103
4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	103
4.1	CONCLUSIONES.....	103
4.2	RECOMENDACIONES.....	105
Bibliografía.....		108
ANEXOS		110
<i>Anexo A. Características Volkswagen 17-210.....</i>		111
<i>Anexo B. Curvas característica Volkswagen 17-210.....</i>		113
<i>Anexo C. Especificaciones Neumáticos Bridgestone.</i>		114
<i>Anexo D. Epecificaciones Caja de Cambios Eaton FS 5106A.....</i>		115
<i>Anexo E. Índice de carga Neumáticos en Kilos.....</i>		116
<i>Anexo F. Especificaciones ISUZU FTR 32M</i>		117
<i>Anexo G. Características transmisión MLD6Q.....</i>		118
<i>Anexo H. Código de Programación Matlab.</i>		119

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Vehículo automotor	22
Figura 1.2 Vehículo de transporte de personas.....	23
Figura 1.3 Vehículo de transporte de carga	24
Figura 1.4 Componentes del Tren motriz	25
Figura 1.5 Ciclo Combustión	26
Figura 1.6 Ciclo de Admisión.....	27
Figura 1.7 Ciclo de Compresión	28
Figura 1.8 Ciclo de Explosión.....	28
Figura 1.9 Ciclo de Escape	28
Figura 1.10 Caja de cambios.....	29
Figura 1.11 Componentes de la transmisión	30
Figura 1.12 Conjunto sistema de embrague	31
Figura 1.13 Diferencial	32
Figura 1.14 Conjunto diferencial.....	33
Figura 1.15 Estructura del neumático.....	34
Figura 1.16 Identificación del neumático	35
Figura 1.17 Curva de torque.....	37
Figura 1.18 Curva de Potencia en un motor Diésel.....	38
Figura 1.19 Curva de consumo específico de combustible	39
Figura 1.20 Cálculo de velocidad en la caja de cambios.....	42
Figura 1.21 Sección de un neumático	43
Figura 1.22 Estructura básica de un chasis.....	45
Figura 1.23 Sección transversal chasis reforzado.....	46
Figura 1.24 Elementos de un chasis	47
Figura 1.25 Rigidez del chasis	48
Figura 1.26 Beneficios conducción eficiente	52
Figura 1.27 Índice de confort.....	53
Figura 1.28 Consumo de combustible con conducción eficiente.....	54
Figura 1.29 Disminución de Emisiones	54
Figura 2.1 Proceso del desarrollo de la propuesta	57

Figura 2.2 Barra de tarea para ingreso a programa	78
Figura 2.3 Ingreso parámetros generales del vehículo W 17-210.....	79
Figura 2.4 Ingreso características del terreno	79
Figura 2.5 Ingreso características neumático W 17-210	80
Figura 2.6 Ingreso características de transmisión Eaton FS-5106A (W 17-210)...	81
Figura 2.7 Ingreso características neumático W 17-210	81
Figura 2.8 Ingreso características diferencial W 17-210	82
Figura 2.9 Parámetros calculados tren motriz I W 17-210.....	82
Figura 2.10 Verificación resultados tren motriz W 17-210.....	83
Figura 2.11 Parámetros para graficas de potencia-torque-consumo.....	84
Figura 2.12 Relaciones de marcha de la caja de cambios Eaton FS-5106A (W 17-210)	84
Figura 2.13 Valores de par motor a determinadas RPM (W 17-210)	85
Figura 2.14 Valores de potencia a determinadas RPM (W 17-210)	85
Figura 2.15 Gráfica de curvas potencia – torque – consumo vs. rpm (W 17-210). 86	
Figura 2.16 Gráfica velocidades vs. rpm del motor (W 17-210)	86
Figura 3.1 Isuzu FTR ruta San Cristóbal – Arcángel	93
Figura 3.2 Altura vs. Distancia de Ruta San Cristóbal – Arcángel.....	95
Figura 3.3 Diagrama de capacidad de ascenso para el vehículo con un tren motriz de: motor Isuzu 6HE1-TC; transmisión MLD6Q; diferencial paso 6.143; y llantas 230/70R20.....	98
Figura 3.4 Diagrama de velocidades vs. Rpm.....	99
Figura 3.5 Curva Potencia – Par motor FTR 900	100

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Equivalencia entre capacidad de carga en letras y en números	44
Tabla 1.2 Código de velocidad de los neumáticos	45
Tabla 1.3 Relación entre pendiente máxima (%) y velocidad de diseño	51
Tabla 2.1 Índice de Startability	74
Tabla 3.1 Marca vehículos Cooperativa . 28 de septiembre	89
Tabla 3.2 Marca vehículos Cooperativa San Miguel de Ibarra	90
Tabla 3.3 Pendientes registradas en la Ruta San Cristóbal – Arcángel	94
Tabla 3.4 Ficha Técnica componetes tren motriz Isuzu FTR 32M	96
Tabla 3.5 Parámetro calculado Isuzu FTR 32M	96
Tabla 3.6 Resultado final de análisis del Isuzu FTR 32M.....	97
Tabla 3.7 Especificaciones técnicas principales a considerar en el catalogo de fabricante de camiones y buses para el ecuador	101

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación	1.1
Torque.....	37
Ecuación 1.2 Potencia mecánica	38
Ecuación 1.3 Cilindrada motor	40
Ecuación 1.4 Potencia transmitida caja de cambios	41
Ecuación 1.5 Relación transmisión eje diferencial	43
Ecuación 1.6 Relación de forma rueda	44
Ecuación 1.7 Altura perfil rueda	44
Ecuación 2.1 Carga sugerida de la rueda	68
Ecuación 2.2 Radio dinámico	68
Ecuación 2.3 Perímetro de rueda.....	69
Ecuación 2.4 Revoluciones por kilómetro de la rueda.....	69
Ecuación 2.5 Potencia estimada motor	70
Ecuación 2.6 Relación de paso de diferencial sugerido.....	72
Ecuación 2.7 Velocidad máxima cinemática	73
Ecuación 2.8 Startability	74
Ecuación 2.9 Factor altitud	75
Ecuación 2.10 Potencia resistencia aerodinámica	75
Ecuación 2.11 Potencia corregida del motor	75
Ecuación 2.12 Potencia de reserva.....	75
Ecuación 2.13 Gradeability.....	76

CAPÍTULO I:

1. DESCRIPCIÓN DEL TREN MOTRIZ Y EL CHASIS DE LOS VEHÍCULOS DE TRANSPORTE COLECTIVO

1.1 PROBLEMA, OBJETIVOS Y ALCANCE

1.1.1 Antecedentes

(Calaméo, s.f.) menciona que: El transporte ha sido a lo largo de la historia, uno de los factores más importantes, debido a que se vio la necesidad de desplazarse por distintas razones ya sean estas por obtener alimentos, comunicarse entre personas, del mismo modo que necesitaron movilizarse para investigar, explorar nuevas y lejanas regiones.

Con el avance de los años la tecnología va creciendo y en el año de 1873 empieza la construcción de uno de los medios más eficientes para transporte de mercancías y personas por vía terrestre, el Ferrocarril que fue aprobado en la presidencia de Gabriel García Moreno y finalizado los trabajos de construcción luego de 35 años por el General Eloy Alfaro.

El transporte motorizado en Quito comenzó en el siglo XX. La primera agencia de automóviles, “La Veloz”, inició sus operaciones en 1906; y antes habían existido solamente empresas de carruajes. En 1914 se instaló el servicio de Tranvías, desarrollado y operado por la empresa privada norteamericana Quito Tranway Company, que operó hasta 1946, es decir, durante un poco más de treinta años.

En el año de 1947 se constituyó la primera empresa municipal de transporte, pero esta iniciativa no tuvo éxito y la empresa cerró en menos de un año, pero años después En la época de los 60’s incluso hasta la década siguiente, el transporte colectivo urbano se realizaba con pequeños vehículos, empezando de esta forma el medio de transporte. De esta manera en los años 60 y 70 se consolidó en todo

el Ecuador un sistema de transporte público basado en el pequeño propietario, que seguían una lógica de largar la vida de los buses por el tema de mantener las tarifas fijas, por lo que el servicio no era muy satisfactorio. Pero la población creció drásticamente y el modelo de transporte público se volvió obsoleto, por factores de subsidio de combustible que el año de 1970 fue eliminado, lo que obligó al incremento de tarifas. A partir de entonces, la conflictividad en torno a este servicio habría de volverse una constante en Ecuador.

El problema se fue agravando y fue visto como crítico en los años 80, por el crecimiento de habitantes y el incremento de automotores públicos y privados.

1.1.2 Planteamiento del Problema

En la actualidad uno de los principales problemas del transporte público es el no tener una norma o quien regule aspectos técnicos que se refiera al tren motriz y chasis, lo que ocasiona indirectamente en la operación mayores consumos de combustible, mayor contaminación, menor ergonomía en la conducción e inclusive accidentes de tránsito debido a que los tipos de motores no son los adecuados para el transporte de pasajeros.

(Silva, 2015) Menciona que: Según estadísticas de la Agencia Nacional de Tránsito en uno de sus reportes sobre accidentes por causas probables a nivel nacional 2010 a Febrero 2013, son 1406 personas las que han fallecido a causa de daños mecánicos en el transporte en el que se trasladaban.

1.1.3 Objetivo General

Proponer una metodología para la selección del tren motriz y chasis para vehículos de transporte colectivo, que permita tener un desempeño óptimo reduciendo el consumo de combustible, mejorando la operación y aumentando la seguridad en las vías.

1.1.4 Objetivos Específicos

- Identificar elementos que permitan a las operadoras de transporte la selección optima del tren motriz de sus unidades, mejorar su desempeño, adecuándolos al ámbito y condiciones de operación.
- Optimizar la utilización de cada componente del tren motriz, prolongando su vida útil logrando ahorros substanciales de combustible, reducción de los costes de mantenimiento, operación y una disminución de las emisiones contaminantes.
- Determinar un estándar de autobús para cada modalidad de transporte colectivo en la ciudad de Ibarra, de acuerdo a su ámbito de operación, en base al análisis de la flota vehicular existente en el país.

1.1.5 Justificación

A medida que crecen las ciudades el transporte público se torna más necesario; se añade en los últimos años el problema de contaminación ambiental por el excesivo y creciente número de vehículos particulares. Una ayuda a este problema es muy simple: mejoramiento del transporte público, pero trasladar esta idea global a la práctica no parece tan simple. Es necesario mejorar la calidad del transporte público, regulando su operación estableciendo normativas técnicas que determinen parámetros a seguir, acorde a las necesidades nacionales que tiene el transporte basado en las experiencias internacionales.

El segmento de buses y camiones registró un 20% más de unidades vendidas en el 2011 frente al 2010, según datos de la Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador (Aeade). Esa tendencia se mantuvo en el año 2012, sostienen las empresas del sector, producto de cuatro factores: el incremento de construcciones en el sector público y privado; la liquidez en el mercado, la apertura de créditos de la banca, el Plan Renova impulsado por el régimen y demás subsidios.

Uno de los problemas fundamentales que tienen algunas ciudades del país es el hecho de no contar con una correcta regulación y control de los vehículos de

transporte terrestre para el servicio público, así mismo no existe una adecuada metodología para la selección del tren motriz de estos vehículos tomando en cuenta las condiciones geográficas del país.

La regulación y gestión del transporte público es de vital importancia para el mejoramiento de la calidad de vida de sus habitantes, siendo esto una medida del desarrollo de las ciudades.

En nuestro país históricamente la selección de los vehículos y su tren motriz se basa en las preferencias personales de los transportistas y fabricantes de carrocerías, en la experiencia de los operadores con algún tipo de vehículo que se encuentra en servicio, en las recomendaciones comerciales y en algunos casos en sugerencias de los operadores para corregir alguna deficiencia operativa menor, mas no basándose en estudios técnicos reales.

Actualmente los costos de operación y mantenimiento han tenido un incremento de aproximadamente el 200% en los últimos 10 años, así también no ha habido revisión de las tarifas las mismas que se mantienen hasta la actualidad.

Lo anterior ha provocado que los vehículos tengan un desempeño deficiente durante su operación, debido principalmente a que no se considera la relación que existe entre cada uno de los elementos del tren motriz y cómo éstos afectan el desempeño y seguridad de las unidades, su operación, consumo de combustible y nivel de emisiones contaminantes.

El consumo de combustible de los vehículos depende de varios factores, siendo los más importantes la conducción, la velocidad y el peso del vehículo los que se ven reflejados directamente en la resistencia que presenta el aire al avance del vehículo y la resistencia al rodamiento, seguidos por la resistencia a la pendiente de la carretera.

En todos los casos expuestos no se realiza un análisis del comportamiento del tren motriz, considerando las condiciones geográficas reales y de operación del vehículo para el tipo de servicio al que está destinado, ante este hecho surge la necesidad de proporcionar los lineamientos que permitan ayudar a los

empresarios en la selección de los componentes del tren motriz, para lograr un desempeño mecánico óptimo, que se adapte a las condiciones de operación de las unidades en las diferentes carreteras del país, ayudando al usuario la selección más adecuada en el momento de realizar la adquisición del vehículo disponibles en nuestro medio en función de las necesidades que se requiera.

1.1.6 Alcance

La presente Tesis culminará con LA PROPUESTA DE UNA METODOLOGÍA para selección del tren motriz y chasis para vehículos del transporte colectivo”, el mismo que será válido en el territorio ecuatoriano y orientado a instituciones públicas que regulan el transporte público y a operadoras de transporte, conllevando a un conjunto de beneficios significativos, directrices determinantes para la renovación de unidades, además de las economías potenciales que se pueden alcanzar en materia de ahorro de combustible y costos de mantenimiento.

1.2 MARCO LEGAL.

Para el desarrollo del presente trabajo de investigación es necesario revisar y realizar un análisis de lo que se habla en la norma superior que es la constitución del Ecuador, seguido de la Ley orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial, se debe realizar una revisión sobre la Ley de prevención y control de Contaminación Ambiental, donde en conjunto con lo mencionado se dará mención a las Normas técnicas y Reglamentos del Instituto Nacional Ecuatoriano de Normalización INEN.

1.2.1 Constitución de la República del Ecuador

(CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR , 2008), menciona:

Capítulo cuarto: Régimen de competencias

En el Artículo 264 menciona que: El numeral 6 establece que los gobiernos municipales tendrán las competencias exclusivas sin perjuicio de otras que determine la ley para planificar, regular y controlar el tránsito y el transporte público dentro de su territorio cantonal.

Capítulo primero: Sección duodécima, Transporte

En el Artículo 394 El estado garantiza la libertad de transporte terrestre, aéreo marítimo y fluvial dentro del territorio nacional, sin privilegios de ninguna naturaleza. El impulso del transporte público masivo y la adopción de una política de tarifas diferenciadas de transporte serán esenciales. El estado regulará el transporte terrestre.

1.2.2 Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Transito y Seguridad Vial

(LEY ORGÁNICA DE TRANSPORTE TERRESTRE, TRÁNSITO Y SEGURIDAD VIAL, 2012), menciona que:

Título IV: De los Tipos de Transporte Terrestre

En el Artículo 71, se menciona las especificaciones técnicas y operacionales de cada uno de los tipos de transporte terrestre, las cuales serán aprobadas por la Comisión Nacional del Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial y constaran en los reglamentos correspondientes.

Título VI: De la Homologación de los Medios de Transporte

En el Artículo 86, se menciona que los medios de transporte empleados en cualquier tipo de servicio, deberán contar con el certificado de homologación otorgado por la Comisión Nacional del Transporte y Tránsito Terrestre en coordinación con el Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN y de acuerdo con el Reglamento correspondiente.

Título IV: De los actores de la Seguridad Vial, Capítulo IV: De las Contaminaciones por Fuentes Móviles.

El Artículo 211, se menciona que todos los automotores que circulen dentro del territorio nacional, deberán disponer de componentes o equipos que aseguren el no exceder los límites máximos permitidos de emisión de gases y ruidos contaminantes establecidos con el reglamento.

El Artículo 212, se menciona que los importadores y ensambladores de automotores son responsables de que los vehículos que circulen en territorio nacional dispongan de dispositivos anticontaminantes.

1.2.3 Ley de prevención y control de contaminación ambiental

(LEXIS, S.A, 2004), menciona que:

Capítulo1 De la prevencion y control de la contaminación del aire, Art1

“Queda prohibido expeler hacia la atmósfera o descargar en ella, sin sujetarse a las correspondientes normas técnicas y regulaciones, contaminantes que, a juicio de los ministerio de salud y del ambiente, en sus respectivas áreas de competencia, puedan perjudicar la salud y la vida humana, la flora, la fauna y los recursos o bienes del estado o de particulares o constituir una molestia”

1.2.4 Reglamento General para la Aplicación de la Ley de Tránsito y Transporte Terrestres

(REGLAMENTO A LEY DE TRANSPORTE TERRESTRE TRANSITO Y SEGURIDAD VIAL, 2012), menciona lo siguiente:

Capítulo I: De la Agencia Nacional de Transito

El Artículo 10, se menciona sobre las características técnicas, operacionales y de seguridad, tanto en vehículos como los de servicio de transporte terrestre, en cada uno de ellos deberán cumplir con las normas INEN y los Reglamentos que expida la Agencia Nacional de Transito, los mismos que serán dables en territorio nacional.

Título I: De las Condiciones de Transporte Terrestre

El Artículo 40, se menciona que el transporte terrestre de personas y bienes es un servicio fundamental que corresponde a las condiciones de:

Estandarización: Indica el proceso técnico de homologación establecido por la Agencia Nacional de Transito, verifica que los vehículos al parque automotor nacional, cumplan con las normas y reglamentos técnicos de seguridad, ambientales y de comodidad emitidos por la autoridad, permitiendo establecer un estándar de servicio.

Medio Ambiente: Indica que el estado garantizará que los vehículos automotores que ingresen a nivel nacional, cumplan con las normas ambientales y promoverá

la aplicación de nuevas tecnologías que contribuyan con la disminución de gases contaminantes de los vehículos.

1.2.5 Normas Técnicas NTE del Instituto Nacional Ecuatoriano de Normalización INEN

A continuación se indica las normas INEN, referente al tema sobre tipo motores, chasis que son objeto de estudio a la propuesta de selección de tren motriz y chasis para transporte colectivo, la norma descrita hace referencia a los requisitos de los vehículos automotores de bus urbano.

NTE INEN 2 205:2010, Vehículos automotores bus urbano, requisitos

La norma establece los requisitos que debe cumplir el bus urbano, de tal modo que proporcione un adecuado nivel de seguridad y comodidad al usuario, se aplica para los vehículos diseñados y que sean equipados exclusivamente para transporte público.

Requisitos específicos:

Los requisitos mínimos de seguridad en cuanto a buses y minibuses urbanos deben cumplir con el reglamento técnico Ecuatoriano RTE INEN 034, en la que se menciona los elementos mínimos de seguridad en los vehículos.

Tenemos como aspectos fundamentales del bus y minibus urbano lo siguiente: motor, chasis, carrocería, organización externa, organización interna, detalles exteriores e interiores y elementos de seguridad y control.

A. Especificaciones del motor

a) Arrancabilidad en pendiente. Los buses y minibuses de transporte urbano deben cumplir con la norma española UNE 26 358 vigente, con una capacidad de arranque en pendiente del 25%.

b) Capacidad de aceleración en plano. El tren motriz debe tener la potencia, torque y relación de transmisión necesarios que le permita alcanzar una velocidad mínima de 40 km/h, partiendo de una condición de reposo y en una superficie plana, en un lapso de 22,5 segundos a Peso Bruto Vehicular (PBV).

c) Emisiones contaminantes. Los motores deben cumplir con lo establecido en el reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 017 vigente.

d) Posicion del motor:

Bus urbano: Posterior o frontal avanzado (delante del eje delantero).

Minibus urbano: Posterior o frontal avanzado o sobre el eje delantero.

e) Tipo de aspiracion. De acuerdo con el diseño original del fabricante

f) Alimentacion de combustible. De acuerdo con el diseño original del fabricante

g) Sistema de escape. La salida debe estar ubicada en la parte posterior inferior fuera de la carroceria. Debe respetarse el diseño original del fabricante. El diseño debe ser de una sola salida, no debe disponer de cambios de dirección bruscos. De existir modificaciones, estas deben cumplir con las recomendaciones del manual de carrozado del fabricante del chasis.

B. Chasis:

El chasis debe ser de diseño original para transporte de pasajeros, sin modificaciones, aditamentos o extensiones a su diseño original no autorizadas por el fabricante y cumplir con las NTE INEN aplicables vigentes. El chasis que va ser usado para bus debe tener la certificación del fabricante del chasis de que se trata de un chasis para pasajeros.

a) Chasis para bus urbano de piso bajo. Permite el diseño de la carroceria con ascenso y descenso directo de pasajeros sin el conjunto de peldaños.

b) Chasis para bus urbano de piso alto. Permite el diseño de la carroceria con un conjunto de peldaños para el ascenso y descenso de pasajeros.

c) Direccion. Será asistida, de acuerdo a los diseños originales del fabricante y cumplir las Normas Técnicas Ecuatorianas NTE INEN aplicables vigentes.

d) Frenos. Los sistemas de frenos serán independientes entre sí y estarán compuestos por el freno de servicio y el freno de parqueo, este último será capaz de detener el vehículo con una carga máxima en pendientes del 22%.

e) Suspensión. Diseñada exclusivamente para transporte de pasajeros

f) Transmisión. Será manual, o automática de acuerdo con el diseño original del fabricante.

g) Neumáticos. Deben cumplir con lo establecido en el Reglamento Técnico

C. Organización externa:

a) Dimensiones externas del vehículo

Bus urbano. Largo total máximo: 13.000mm

Minibús urbano. Largo total máximo: 10.000mm

Ancho total del vehículo. El ancho total de la carrocería debe ser el que cubra toda la trocha, sin sobresalir más de 75mm a cada lado. El ancho máximo no debe sobrepasar para el caso de bus 2.600mm y para minibús 2.300mm

Altura total máxima del vehículo: 3.500mm para bus urbano y 3.100mm para el minibús urbano (con escotilla)

NTE INEN 960, Vehículos automotores Determinación potencia neta del motor

La norma establece el método general de ensayo para motores de vehículos automotores, para evaluación de su rendimiento, con el propósito de la elaboración posterior de curvas de potencia y consumo específico de combustible a carga completa, como funciones de la velocidad de la máquina.

NTE INEN - ISO 612:99, Vehículos automotores, Dimensiones de vehículos automotores y vehículos remolcados

Es una norma internacional donde especifica los términos referente a lo que son dimensiones de vehículos automotores y lo que son vehículos remolcados. No se refiere a métodos de medición, las unidades usadas en los informes de los resultados ni exactitud requerida.

NTE INEN - ISO 3833:2008, Vehículos automotores, Tipos, términos y definiciones

La norma internacional especifica los términos relacionados con algunos tipos de vehículos automotores que son identificados por ciertas características técnicas y de diseño.

Los términos no se considera si los vehículos y ciertas combinaciones están o no autorizadas en un país dado.

NTE INEN 2205:1999, Vehículos automotores. Bus urbano. Requisitos

Establece los requisitos necesarios que debe cumplir el bus urbano, de tal manera que se pueda proporcionar un adecuado nivel de seguridad y comodidad al usuario.

NTE INEN 1 323:2009, Vehículos automotores Carrocería de Buses Requisitos

La norma establece los requisitos generales para el diseño, construcción, fabricación y montaje de carrocerías de buses para todas sus modalidades, es decir se aplica a todas las carrocerías de buses, sean estas importadas o de producción nacional.

NTE INEN 2096:2012, Neumáticos definiciones y clasificación

La norma establece las definiciones y la clasificación relativa a neumáticos, referente a los requisitos que debe cumplir, acorde a sus especificaciones técnicas y el tipo de acuerdo a sus necesidades, ya sean estos de carga, turismo, proporcionando un adecuado nivel de seguridad.

1.2.6 Reglamentos Técnicos RTE del Instituto Nacional Ecuatoriano de Normalización INEN

RTE INEN 038:2010, Bus Urbano

Establece reglamento establece los requisitos que deben cumplir los buses y minibuses urbanos de transporte de pasajeros con la finalidad de mantener la vida y la seguridad de las personas, el ambiente y la propiedad, y prevenir prácticas

engañosas que pueden inducir a error a los fabricantes o usuarios para el transporte urbano.

Requisitos:

Los buses y minibuses urbanos deben cumplir con los requisitos especificados en las Normas Técnicas Ecuatorianas NTE INEN 2 205, 1 669, 1 323, 1 155 vigentes.

Requisitos mínimos de seguridad.

- a) Los buses y minibuses deben cumplir con el Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 034 “Elementos mínimos de seguridad en vehículos automotores” en lo que corresponda.
- b) Los minibuses urbanos deben utilizarse únicamente en: zonas periféricas, lugares inaccesibles como medios de transporte sustitutos de los buses. Posición del motor.
- c) Para el caso de los buses urbanos, la ubicación del motor en la parte posterior será obligatoria en un plazo máximo de 3 años a partir de la vigencia de este reglamento.
- d) Transmisión. Para el caso de los buses urbanos la transmisión automática será obligatoria en un plazo de 3 años a partir de la vigencia de este Reglamento.
- e) Chasis. El certificado de diseño que indica que es para transporte de pasajeros debe ser emitido por el fabricante o diseñador.
- f) El proveedor del chasis debe proporcionar libremente un manual, instructivo y/o recomendaciones de construcción y montaje de las carrocerías, desarrollado por el fabricante-diseñador.
- g) La autoridad competente determinará la aplicación del tipo de piso bajo o alto, de acuerdo con estudios técnicos de topografía y planificación urbanística.

RTE INEN 043(1R), Vehículo de transporte público intrarregional al e Interprovincial

Establece los requisitos que deben cumplir los vehículos de transporte público de pasajeros intrarregional e interprovincial, con la finalidad de salvaguardar la vida y seguridad de las personas, el ambiente, la propiedad y prevenir prácticas engañosas que puedan inducir a error a los fabricantes o usuarios finales.

RTE INEN 011(1R), Neumáticos

Este reglamento técnico establece los requisitos del producto y de rotulado que deben cumplir los neumáticos destinados al uso en vehículos, con el fin de proteger la vida e integridad de las personas y el medio ambiente, así como evitar prácticas que puedan inducir a error y provocar perjuicios a los usuarios finales.

RTE INEN 017:2008, Control de emisiones contaminantes de fuentes móviles terrestres

Establece los procedimientos necesarios para el control de las emisiones contaminantes de fuentes móviles de vía terrestre, con el fin de proteger la vida y la salud humana, animal, vegetal y el ambiente, sin perjuicio de la eficiencia de los vehículos automotores.

1.3 MARCO TEÓRICO.

1.3.1 Tipos de Vehículos

Vehículo automotor

Es un vehículo movido por sus propios medios, que puede deslizarse mínimo sobre cuatro ruedas, dispuestas en más de una alineación, es decir en varios ejes, que se encuentren siempre en contacto con el suelo y que por lo menos dos de ellas sean directrices y de propulsión.

Figura 1.1 Vehículo automotor



Fuente: <http://www.transportesaso.com/>

Lo descrito anteriormente no establece una distinción entre los diferentes tipos de automotores, en todos los casos sabemos que se trata de varios de miles de piezas, en cual cada una cumple una función específica, su diseño y fabricación se hace uso de las más modernas técnicas y tecnologías, las cuales permiten entregar al usuario final un vehículo con alto grado de calidad, seguridad y confort, dependiendo las necesidades que se requieran.

Clasificación de los vehículos Automotores

Los vehículos se pueden clasificar de acuerdo a la utilidad para lo que está diseñado, existen dos grandes clasificaciones con respecto a vehículos ya sean de diversos tamaños, generalmente son utilizados para mercancías o transporte de personas, los cuales son los siguientes: Los vehículos de turismo y los vehículos de carga.

Vehículos de turismo o transporte de personas: Son vehículos donde su carrocería, componentes mecánicos y de seguridad, están diseñados exclusivamente para el transporte de las personas, de acuerdo a su tamaño podemos clasificarlos como automóviles, donde en su interior se alojan cómodamente hasta seis personas, autobuses donde se puede movilizar un número mayor de personas.

Figura 1.2 Vehículo de transporte de personas



Fuente: <http://www.hino-mavesa.com.ec/>

Vehículos de carga: Conocidos también como utilitarios, su construcción básicamente está dirigida para transporte de bienes, materiales y animales, debido a que sus motores estructura son más robustas de acuerdo a las exigencias, aunque en algunos casos se utiliza para el transporte de personas.

Figura 1.3 Vehículo de transporte de carga



Fuente: <http://www.transporteturismoycarga.com/>

De acuerdo a sus prestaciones, el tamaño del vehículo, se los puede clasificar por tipo liviano, los que cuentan los camperos y las camionetas, los cuales vienen equipados mecánicamente en la mayoría de los casos con accesorios suficientes para desempeño en terrenos fuera de carretera como son los vehículos de doble tracción, o de tipo pesados, que de acuerdo a su utilidad específica pueden ser cama baja, grúas, camión cisterna, etc.

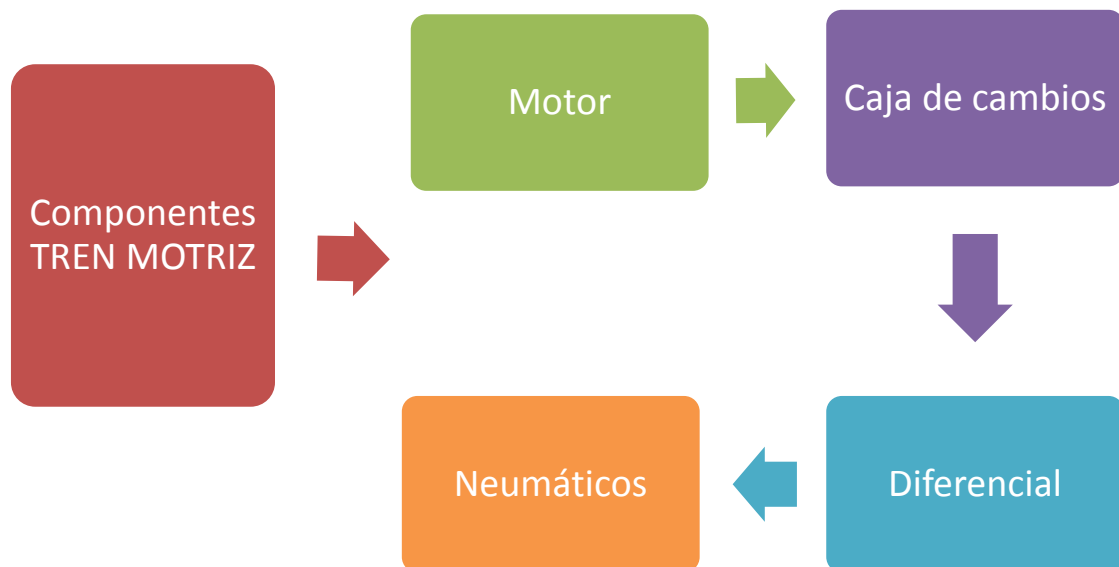
1.3.2 Tren Motriz

El Tren Motriz es un sistema de conjuntos de elementos mecánicos que proporcionan y transmiten la energía del combustible para convertirla en

desplazamiento del vehículo. Al seleccionar un vehículo, la configuración del tren motriz del mismo, es la etapa que requiere más atención ya que depende de la mucho, de los problemas o ventajas que se tendrá durante la operación del vehículo.

Los elementos que integran el Tren Motriz y que modifican en forma mecánica lo que el motor entrega son: el motor, el embrague, la caja de velocidades, el diferencial y los neumáticos.

Figura 1.4 Componentes del Tren motriz



Elaborado por: Bolívar Andrade

A continuación se describe cada uno de los componentes que integran el tren motriz de un vehículo:

Motor de Combustión Interna

(Samaniego Castro & Silva Ortiz, 2009) Menciona lo siguiente:

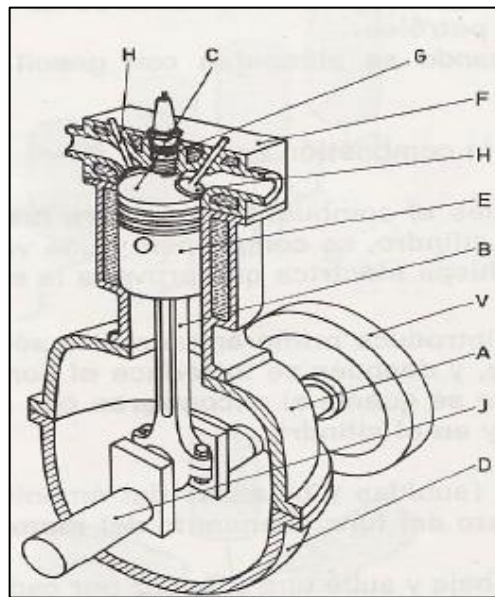
Los vehículos de transporte pesado utilizan motores de combustión interna, que se caracteriza porque en el mismo se produce la energía que necesita para

desplazarse a partir de la combustión de los hidrocarburos con el aire del ambiente.

Al quemarse un combustible se producen gases de combustión y calor. El motor diésel es un motor de encendido por compresión, transforman la energía química almacenada en el combustible en trabajo mecánico.

En el Figura 1.5 Se puede observar la disposición de un motor de combustión de pistón que son los comunes en los vehículos:

Figura 1.5 Ciclo combustión



Fuente: Castro Vicente Miguel de 1985

El motor de combustión dispone de una cámara cilíndrica C, se produce una mezcla de aire combustible, logrando elevar la presión en la cámara, ocasionando que el pistón E sea empujado hacia abajo al (PMI), por medio de la biela B y el movimiento al cigüeñal, con lo cual se transforma en movimiento de giro del eje J.

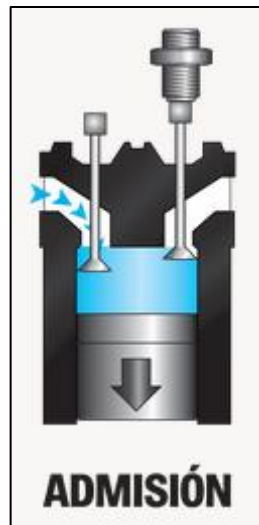
La energía de giro acumulada en un volante V, que se encuentra solidario al eje J, provoca que este se siga moviendo empujando el pistón a la parte superior (PMS)

del cilindro, donde queda comunicado el orificio H y expulsa así los gases quemados cuando el pistón llega su parte superior, el mecanismo queda en las mismas condiciones y se vuelve a repetir el ciclo.

El motor diésel a diferencia de uno de gasolina es el encendido por compresión (CI), transforman la energía química almacenada en el combustible en trabajo mecánico, los motores diésel son siempre de cuatro tiempos. A continuación se señala los ciclos de trabajo:

Admisión: Esta es la primera carrera que realiza el pistón, en este desciende desde el punto muerto superior (PMS) al punto muerto inferior (PMI), mientras la válvula de admisión permanece abierta, desciende el pistón, este va dejando un vacío que será llenado por aire por la abertura de la válvula de admisión.

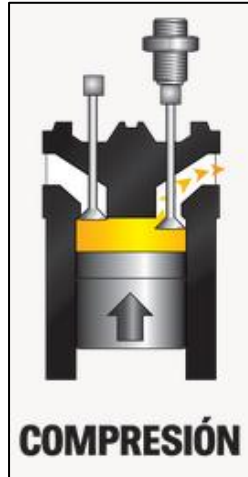
Figura 1.6 Ciclo de Admisión



Fuente: <http://www.mecanicaymotores.com/>

Compresión: Esta es la segunda carrera del pistón, el aire atrapado en la cámara del cilindro, es comprimido por el pistón el cual se mueve hacia arriba al PMS; las relaciones de compresión que alcanzan se encuentran entre 14:1 y 24:1. En este proceso el aire alcanza temperaturas que alcanzan los 800°C, al final de esta carrera se inyecta el combustible dentro de la cámara, que contiene el aire a una presión cercana a los 1500 bares, en este proceso las válvulas de admisión y escape se encuentran completamente cerradas.

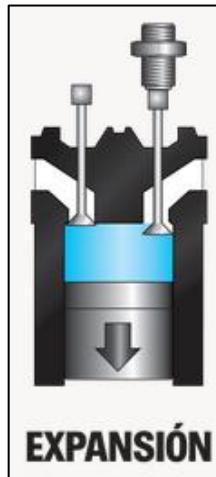
Figura 1.7 Ciclo de Compresión



Fuente: <http://www.mecanicaymotores.com/>

Explosión: Esta es la tercera carrera del pistón, en esta el combustible atomizado por el inyector finalmente enciende como un resultado de la auto ignición y se quema casi por completo, producto de esto la carga de calor en el cilindro sube aún más y la presión del cilindro aumenta, producto de esto el pistón es forzado a bajar y la energía de combustión es transformada en energía mecánica.

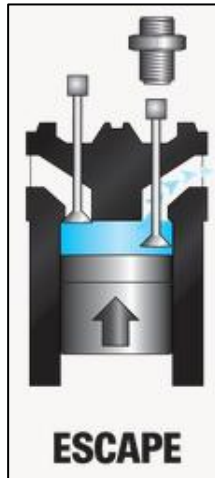
Figura 1.8 Ciclo de Explosión



Fuente: <http://www.mecanicaymotores.com/>

Escape: La cuarta carrera que realiza el pistón, la válvula de escape se abre y el pistón empieza su recorrido desde el PMI al PMS, se libera los gases de la combustión a través de la válvula de escape la cual se encuentra abierta.

Figura 1.9 Ciclo de Escape

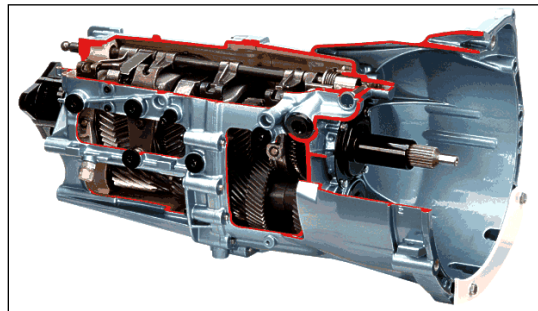


Fuente: <http://www.mecanicaymotores.com/>

Después de conocer los ciclos de funcionamiento del motor de combustión interna, es importante determinar las curvas características del motor que permiten conocer su comportamiento bajo las diferentes condiciones de su régimen de operación, por lo que es fundamental saber e interpretar las curvas de torque y potencia.

Caja de cambios

Figura 1.10 Caja de cambios



Fuente: <http://www.automotriz.net/>

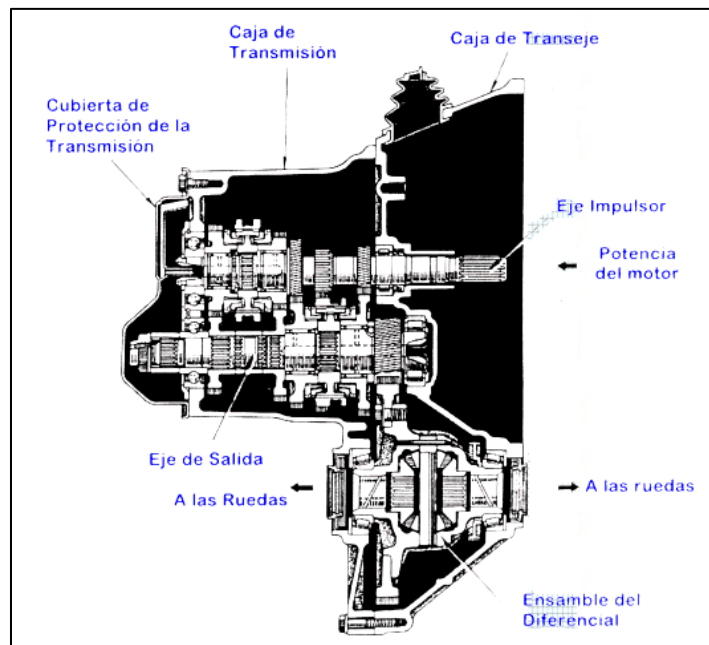
(Meganeboy, 2014) Menciona lo siguiente:

La caja de velocidades o transmisión como se la conoce, actúa como transformador de velocidad y convertidor mecánico de par motriz, ahora bien si un motor de combustión interna transmitiera la fuerza, torque, potencia que genera a las ruedas, sería lo suficiente para que el vehículo se moviera en terreno plano, pero al subir una pendiente cualquiera que sea el grado de esta, la resistencia a

rodar o par resistente aumentaría, dando como resultado que el motor no tendría suficiente fuerza para continuar a la misma velocidad tendiendo a disminuir progresivamente, el esfuerzo es cada vez mayor, lo mismo que la pérdida de potencia, donde podría llegar dependiendo de las condiciones a una velocidad igual a cero, para evitar esto y poder superar el par resistente , es necesario la caja de cambios donde permite variar el par motor, según las necesidades de marcha.

En consecuencia podemos definir que la misión de la caja de cambios es la de reducir el número de revoluciones del motor e invertir el sentido de giro de las ruedas, dependiendo de las necesidades que se requiera. La caja de cambios se encuentra acoplada al volante del motor, de la cual se trasmite el movimiento a través del embrague en el caso de tener transmisión de tipo manual, o del convertidor de par en transmisiones automáticas.

Figura 1.11 Componentes de la transmisión



Fuente: <http://www.automotriz.net/>

Tiene diversas formas y puede diferenciar dependiendo el modelo del vehículo, pero principalmente se compone de las siguientes partes:

Eje impulsor: Transmite la potencia del motor a la transmisión por medio del embrague, la parte posterior de dicho eje tiene un engranaje motriz que gira en contra del eje.

Eje de salida: Este eje sostiene cinco engranajes, así como un mecanismo de conexión que sostiene cada engranaje de transmisión, cada uno de ellos gira libremente en el eje de salida, con potencia transmitida para solamente el engranaje que es enganchado.

Eje intermedio: Este engranaje intermedio de la reversa gira libremente, cuando el vehículo es conducido en reversa, se mueve el eje, acoplando los engranajes de reversa en el eje de salida y el contraeje.

Para el acople o comunicación de la caja de velocidades con el motor es necesario un mecanismo principal que se conoce como el conjunto o el sistema de embrague.

La misión del embrague es la de transmitir el giro del motor a la caja de cambios y por consiguiente a las ruedas, para que el vehículo pueda desplazarse cuando lo desee o permanecer detenido con el motor en marcha, así como para efectuar el cambio de velocidad en la caja de cambios sin necesidad de parar el motor.

Existen varios tipos de embrague, sin embargo pueden agruparse en dos clases: de fricción e hidráulicos. Los primeros su función se basa en el acoplamiento o adherencia entre dos piezas cuyo efecto produce la unión entre ellas, en el tipo hidráulico el elemento de unión es el aceite.

La posición del embrague es entre el volante del motor y la caja de cambios, la cual mediante un pedal que es gobernada por un conductor, con el pedal suelto el sistema se encuentra embragado es decir es decir el giro del motor pasa a la caja de cambios y las ruedas. Cuando el conductor pisa el pedal el sistema se encuentra desembragado es decir el giro del motor no se transmite a la caja de cambios. El embrague es por lo tanto un transmisor de par motor.

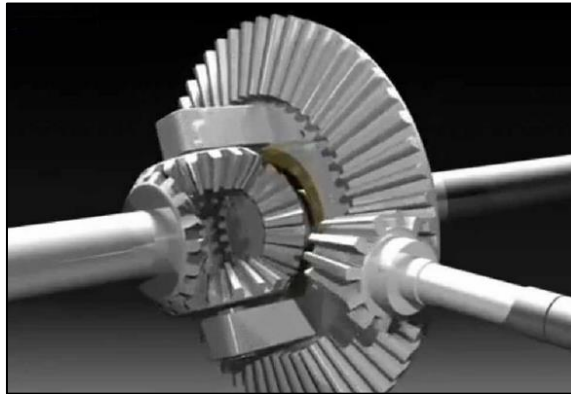
Figura 1.12 Conjunto sistema de embrague



Fuente: <http://www.desguacesvehiculos.es/>

Diferencial

Figura 1.13 Diferencial

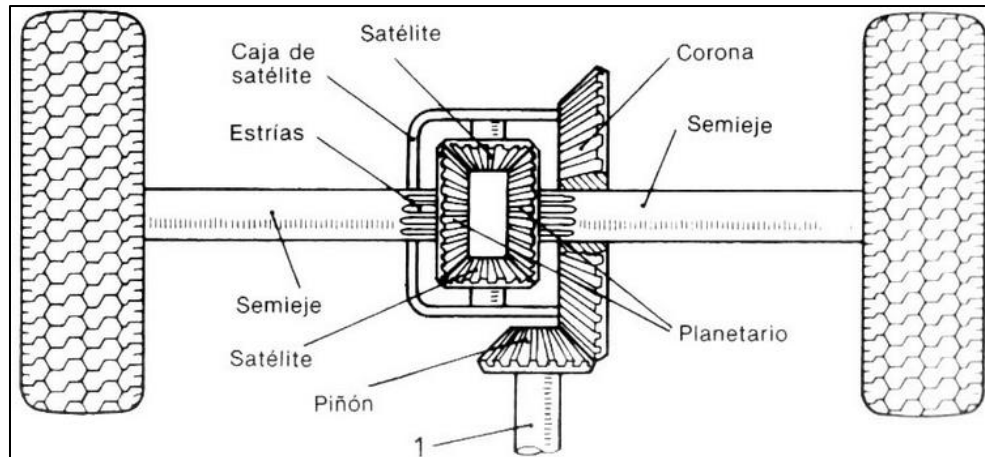


Fuente: <http://www.curvasenlazadas.com/>

La función principal del diferencial es, derivar la rotación recibida de la caja de velocidades en un ángulo de 90°, lo que nos quiere decir que la transmisión por medio de un piñón hace girar la corona, en la parte central del vehículo y la corona al rotar traslada el giro a un par de ruedas encargadas de la tracción.

Generalmente el diferencial se compone de 6 engranajes principales, un piñón (cono), una corona, dos planetarios y dos satélites, los cuales permiten transmitir el giro a las ruedas, con el objetivo de administrar la fuerza motriz en las ruedas encargadas de la tracción.

Figura 1.14 Conjunto diferencial



Fuente: <http://www.curvasenlazadas.com/>

Un vehículo regular, deriva la tracción a dos ruedas, que pueden ser las delanteras o posteriores, de donde viene el nombre transmisión trasera o delantera.

Neumáticos

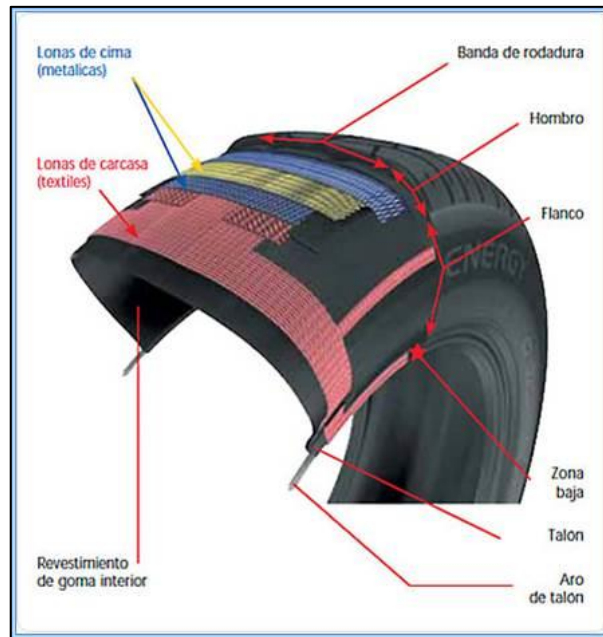
(Sierra, 2001) Menciona que:

Los neumáticos del automóvil constituyen el componente esencial de contacto con la carretera, estos son los encargados de asegurar la adherencia en el empuje, frenada, deslizamiento, la maniobrabilidad deseada por el usuario y fundamentalmente la amortiguación de las imperfecciones sobre el terreno que se transite, por lo que fundamental para la seguridad y comodidad.

Estructura del neumático

“Está constituido por una estructura resistente, carcasa formada por finos hilos de acero incrustado en goma., telas superpuestas en sentido radial, realizadas en materiales de fibra de vidrio, nylon, poliéster, etc”. (Samaniego Castro & Silva Ortiz, 2009)

Figura 1.15 Estructura del neumático



Fuente: <http://www.eis.uva.es/>

Revestimiento interior: Es la capa interior de la rueda, la función en si es de almacenar el gas a presión que contiene la rueda que se encuentra sometida a grandes esfuerzos.

Carcasa: Es la encargada de soportar la carga y la velocidad del vehículo, con refuerzo de la presión de inflado, es la que permite dar la rigidez a la rueda para evitar mal formaciones de la presión de inflado, está construida generalmente de hilos textiles o de acero. En función del diseño que haya sido construido para carga.

Lonas de cima: Son las capas situadas por encima de la carcasa, están destinadas prácticamente para entregar estabilidad al neumático, deformándose ante esfuerzos, otorga rigidez a la banda de rodadura.

Banda de rodadura: Es la zona de contacto con la superficie, es sumamente importante su composición ya que de ello depende la adherencia, el calentamiento, el desgaste y muchos parámetros en el uso del neumático, debido a que esta zona sufre más desgaste, debe ser resistente y más rígida a las demás.

Otra característica importante en la banda de rodadura son los surcos que dispone, ya que es el encargado de desalojar el agua y permitir mejor adherencia.

Flanco: Es la parte lateral de la rueda, básicamente soporta la carga y constantes flexiones mecánicas de la rueda. Esta zona es susceptible de cortes por cualquier tipo de elemento cortopunzante, en esta zona se enumeran las especificaciones de los neumáticos.

Talón: se encarga de fijar el neumático al aro base, asegura la hermeticidad y transmisión de esfuerzos de aceleración y frenado, está compuesto por una banda de hilos de acero recubiertos de caucho.

Identificación de neumáticos

Todo tipo de neumático viene con identificación en su flanco proporcionado por el fabricante donde, que define gran parte de sus características, dichas características nos indican en gran mayoría las medidas de la llanta en cuanto espesor, ancho y radio.

Figura 1.16 Identificación del neumático



Las medidas 185 nos indica los milímetros de ancho del neumático, el número 65 que corresponde al perfil o distancia desde el aro hasta la banda de rodamiento, se presenta como un porcentaje del ancho del neumático, en este caso el 65 % de 185 mm, y por último el R que significa radial que por lo general se muestra en pulgadas 15 pulgadas equivalente a 25.4 mm.

1.3.3 Parámetros de Funcionamiento de un motor de combustión interna

(Zavala Ponce & Rafael Morales, 1999) Indica lo siguiente:

Curva de par torsional: El torque, momento o par es la multiplicación de la fuerza por la distancia y tiene como efecto producir un giro, aplicando al caso de un motor, la combustión desarrollada a partir de la queda de combustible en la cámara, ejerce una fuerza sobre los pistones que es transmitida a todo su conjunto biela cigüeña, este movimiento alternativo de los pistones en cada uno de sus cilindros se transforma en un movimiento circular, por lo que se tiene fuerzas a cada lado del volante del motor, a esta disposición de fuerzas se las conoce como momento o torque.

$$T = F \cdot d \quad [Ecuación 1.1]$$

Dónde:

$T = \text{Torque [Nm]}$

$F = \text{Fuerza [N]}$

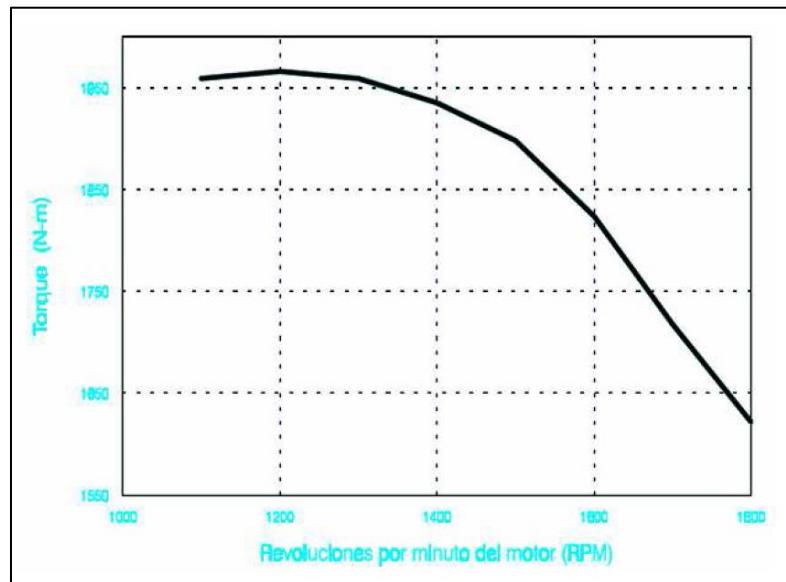
$d = \text{distancia al punto de aplicación [m]}$

El Torque calculado mide la fuerza que se ejerce a la salida del motor, el cual varía en función del volumen de combustible suministrado en la cámara de combustión, por lo que el torque varía de acuerdo a las revoluciones por minuto (RPM).

La curva de torque representa la fuerza ejercida sobre el pistón al momento de producirse la combustión en la cámara en un motor de combustión interna, esta fuerza es transmitida a las bielas y el cigüeñal, provocando el par torsional.

La curva de torque indicada en la Figura 1.17. Referente a la de un motor diésel, se tiene un valor máximo de torque a 1200 RPM del motor, ya que a medida que se va aumentando el régimen del motor se puede observar como el valor de torque ya decayendo.

Figura 1.17 Curva de torque



Fuente: <http://www.racingonlineclub.com/>

Curva de potencia: La potencia es el trabajo que se desarrolla por unidad de tiempo, es decir la rapidez con la que se realiza un trabajo, comúnmente se determina en unidades de caballos de potencia (HP), Newton metro por segundo (Nm/s). Para el cálculo si se conoce el valor del torque a determinadas RPM del motor, se puede calcular la potencia.

La potencia se calcula al dividir el trabajo entre el tiempo, de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$P = \frac{W}{t} \quad [Ecuación 1.2]$$

Dónde:

$P = \text{Potencia [Nm/s]}$

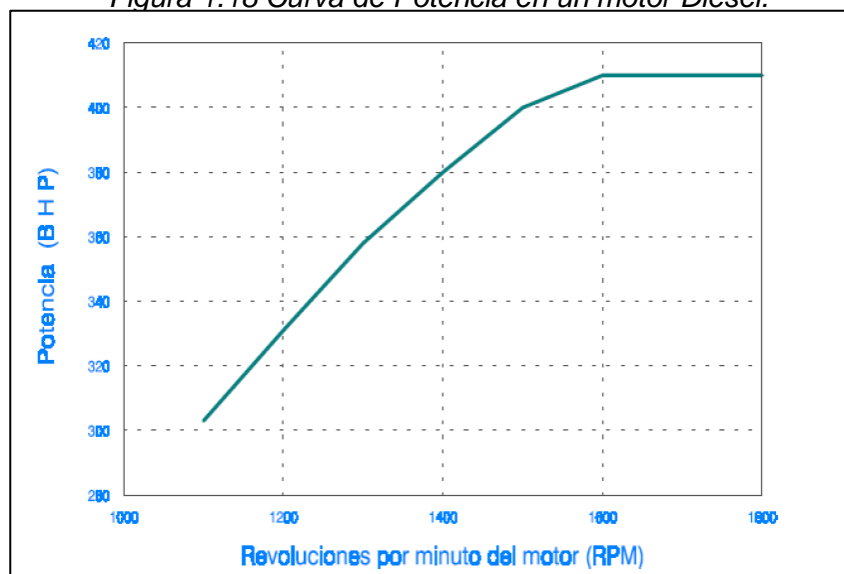
$W = \text{Trabajo [Nm]}$

$t = \text{Tiempo [s]}$

La curva de potencia nos permite conocer en qué régimen del motor se libera la máxima potencia del mismo.

La curva de potencia representa el trabajo por unidad de tiempo producido por un motor de combustión interna, la curva en mención se puede determinar al multiplicar el par torsional, por la velocidad de giro del cigüeñal que viene determinada por las RPM del motor. En la Figura 1.18. Se observa que como a medida que aumenta el régimen del motor el valor de la potencia también aumenta, alcanzando su valor máximo a las 1600 RPM.

Figura 1.18 Curva de Potencia en un motor Diésel.



Curva de consumo específico de combustible: La curva nos permite observar el consumo como aumenta o disminuye con el régimen del motor, el consumo específico de combustible depende netamente de la potencia y el torque del motor.

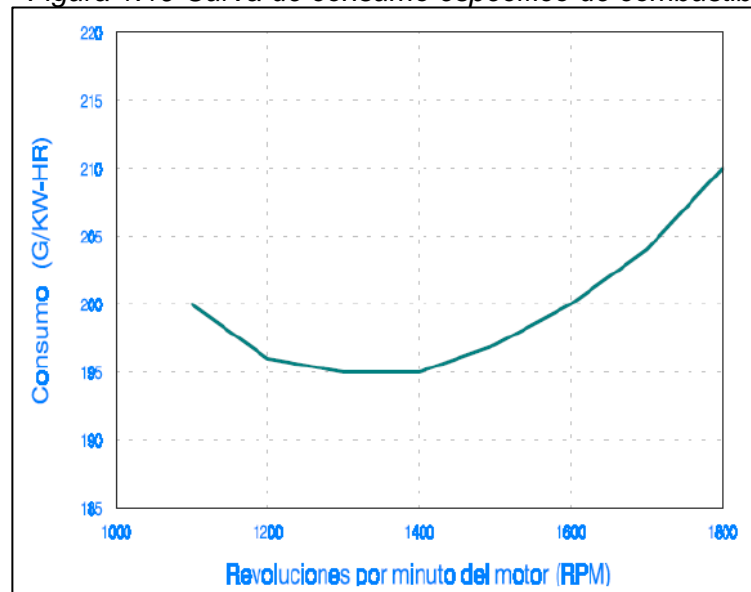
Como se puede ver en el la Figura 1.19. El menor consumo se tiene cerca del régimen del torque máximo, esto nos indica que se tenga en este punto la eficiencia máxima.

La potencia de un motor es un criterio insuficiente para evaluar la eficiencia del mismo, a una misma potencia se seleccionará el motor que desarrolle el máximo torque con el mínimo consumo específico de combustible, cuidando que las condiciones óptimas se logren con el número más bajo de revoluciones por minuto.

La figura 1.19. Nos representa la cantidad de combustible que consume el motor de acuerdo al régimen del mismo para generar un torque y potencia determinada.

La selección adecuada de un motor ayudará con la potencia suficiente, un torque suficiente a un bajo régimen del motor y un consumo específico mínimo a bajo régimen.

Figura 1.19 Curva de consumo específico de combustible



Fuente: <http://www.racingonlineclub.com/>

Cilindrada: Se denomina a la suma de los volúmenes de todos los cilindros del motor, en un motor todos los cilindros son iguales, para poder calcular la cilindrada sería solo necesario calcular el volumen y capacidad de uno de los cilindros y multiplicar por el número de ellos. Generalmente se considera cómo volumen del cilindro, comprendido entre la cara superior del pistón cuando se encuentra en su punto más bajo (PMI), y la posición del mismo cuando se encuentra en su punto más alto en el cilindro (PMS), el recorrido mencionado se denomina carrera del pistón.

Para determinar la cilindrada utilizamos la siguiente ecuación:

$$V_c = \frac{3.1416 \cdot D \cdot S}{n} \quad [Ecuación 1.3]$$

Dónde:

D = diámetro del cilindro [cm]

S = carrera [cm]

n = número de cilindros

Donde la multiplicación del diámetro por la carrera nos da en centímetros cúbicos, determinando así el volumen del cilindro.

1.3.4 Parámetros de funcionamiento de una caja de cambios

“El par motor se trasmite a las ruedas motrices y ocasiona en ellas una fuerza de impulsión que vence las resistencias que se oponen al movimiento, la potencia

transmitida debe ser igual en todo momento a la potencia absorbida en la llanta". (Meganeboy, 2014)

Para determinar la potencia transmitida utilizamos la siguiente ecuación:

$$Wf = \frac{Cm \cdot n}{716.2} = \frac{Cr \cdot n1}{716.2} \quad [Ecuación 1.4]$$

$$Cm \cdot n = Cr \cdot n1$$

Dónde:

Cm = par desarrollado por el motor

n = número de revoluciones en el motor

Cr = par resistente a las ruedas

n = número de revoluciones en las ruedas

Según la ecuación indicada los pares de transmisión son inversamente proporcionales al número de revoluciones como se indica en la ecuación:

$$Rc = \frac{Cr}{Cm} = \frac{n}{n1}$$

La relación n/n1 es la desmultiplicación que se debe aplicar a la caja de cambios para obtener, el momento de par necesario en las ruedas, que está en función de los engranajes o del número de dientes de los mismos.

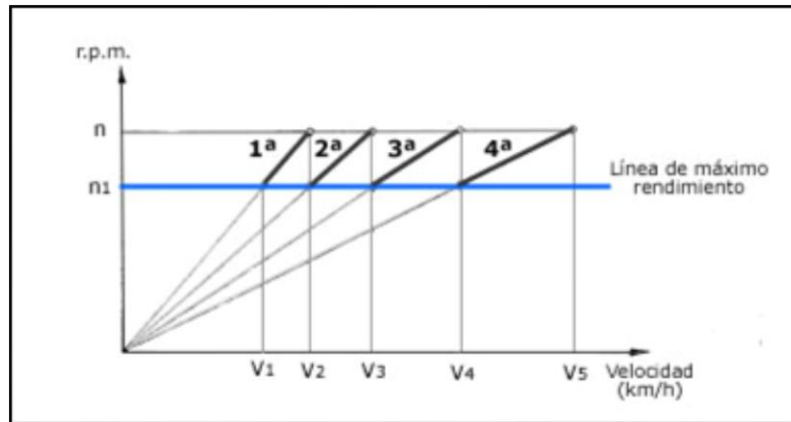
Cálculo de velocidades para una caja de cambio: Para poder determinar las distintas relaciones de desmultiplicación que se debe acoplar en una caja de cambios hay que establecer las mismas en función del par máximo transmitido por el motor, debido a que dentro de este régimen es donde se obtiene la mayor fuerza de impulsión en las ruedas.

Las revoluciones máximas del motor que están relacionadas directamente con la velocidad obtenida en las ruedas, en función de su diámetro y la reducción en el

diferencial, dentro de este régimen deben establecerse las sucesivas desmultiplicaciones en la caja de cambios.

Entre estos dos límites n y n_1 se obtiene el régimen máximo y mínimo en cada desmultiplicación para el funcionamiento del motor a pleno rendimiento.

Figura 1.20 Cálculo de velocidad en la caja de cambios



Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/>

1.3.5 Parámetros de funcionamiento de un diferencial

En el mecanismo del diferencial se encuentra una relación de transmisión de las revoluciones y del momento de giro, el eje posterior puede estar constituido en las transmisiones posteriores o tracción trasera como se conoce comúnmente, para el eje se emplea principalmente piñones. La relación se calcula con la misma fórmula de los engranajes de ruedas rectas.

El Piñón y la corona del diferencial transmiten al puente las revoluciones y el par de giro, las primeras se reducen y el segundo se aumenta

Para el cálculo de la relación de transmisión en el eje, se utiliza la siguiente ecuación:

$$i_{dif} = \frac{Z_c}{Z_p} \quad [Ecuación 1.5]$$

Dónde:

Z_c = Número de dientes de la corona del diferencial

Z_p = Número de dientes del piñón

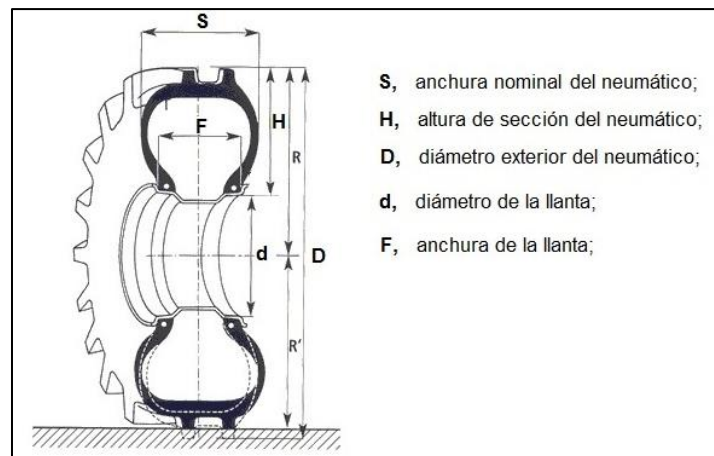
Por lo general las relaciones en el eje posterior suele ser de 3.5:1 a 6:1 y en los vehículos pesados hasta 10:1

1.3.6 Parámetros de funcionamiento de un neumático

Designación dimensional

Para conocer más a fondo lo referente a neumáticos, la Figura 1.21. Menciona las características dimensionales que se debe considerar para la selección de un neumático. Como se puede ver en el gráfico, la anchura nominal (S) es la distancia lineal que existe entre el exterior de los flancos del neumático inflado, sin consideras relieves, como cordones o nervios de protección.

Figura 1.21 Sección de un neumático



Fuente: <http://ingemecanica.com/>

Relación de forma: Se lo conoce como relación de forma o serie de neumático, a la relación entre la altura del perfil (H) y el ancho (S) del neumático expresado en porcentaje. El valor porcentual es obtenido al dividir la altura por la anchura de sección, expresadas ambas en milímetros y multiplicado por 100, como indica la siguiente ecuación:

$$Ra = \frac{H}{S} \times 100(\%) \quad [Ecuación 1.6]$$

Generalmente las series más comunes en neumáticos son la series de tipo 50, 60, 70 y 80.

Altura de perfil: La altura de sección o de perfil (H), no viene grabada en el neumático, pero puede ser calculada. Corresponde a la distancia (H) entre el asiento del talón hasta la banda de rodamiento, con el neumático sin carga, es en consecuencia la diferencia de diámetros entre el diámetro total del neumático (D) y el diámetro interior de la llanta o aro (d), como indica la siguiente ecuación:

$$H = \frac{D - d}{2} \quad [Ecuación 1.7]$$

Generalmente en los neumáticos viene grabado en el flanco el índice de carga, la cual viene expresada en letras o su equivalente en números, como se indica en la siguiente tabla:

Tabla 1.1 Equivalencia entre capacidad de carga en letras y en números

CAPACIDAD DE CARGA EN LETRAS	CAPACIDAD DE CARGA EN NÚMEROS
A	2
B	4
C	6
D	8
E	10
F	12
G	14
H	16
J	18
L	20
M	22

N	24
---	----

*Fuente: NTE INEN2097:2012
Elaborado por: Bolívar Andrade*

De igual manera se tiene los códigos de velocidad, expresado en velocidad máxima de utilización de un neumático en servicio, cuyas prestaciones de servicio sean para velocidades superiores a 270 km/h, donde se identifica con el código Z, como se indica en la siguiente tabla:

Tabla 1.2 Código de velocidad de los neumáticos

Índice de velocidad	Velocidad en Km/h	Índice de velocidad	Velocidad en Km/h	Índice de velocidad	Velocidad en Km/h
A1	5	D	65	Q	160
A2	10	E	70	R	170
A3	15	F	80	S	180
A4	20	G	90	T	190
A5	25	J	100	U	200
A6	30	K	110	H	210
A7	35	L	120	V	240
A8	40	M	130	ZR	>240
B	50	N	140	W	270
C	60	P	150	Y	300

Fuente: <http://ingemecanica.com/>

1.3.7 Chasis

(Coronel Daquilema , 2010) Menciona que:

“La estructura de todo vehículo automotor está compuesta por dos grandes conjuntos de piezas, la carrocería y el chasis. El chasis o monocasco es la estructura que sostiene aportan resistencia estructural al vehículo, por ejemplo en un automóvil, buseta o camión es el equivalente al esqueleto de un ser humano, sosteniendo el peso, dando rigidez al conjunto”.

Puede estar realizado en diferentes materiales, dependiendo de la rigidez precio y forma necesarios, los más comunes son fabricados en acero y aluminio, las formas básicas que lo componen suelen ser de tubos o vigas.

Figura 1.22 Estructura básica de un chasis



Fuente: <http://www.ecuabus.net/>

El chasis comprende una unidad muy complicada, el diseño y construcción es realizada por gente especializada, sin embargo su trabajo e importancia va más allá; da soporte y suspensión a la masa total del vehículo, soporta los sistemas de dirección, motor, frenos, sirve para que se transmita el torque y la potencia, es un elemento importante ya que sin el auto no caminaría.

Chasis o bastidor de carga

Este tipo de chasis, nos muestra varias diferencias en la construcción que uno apto para el transporte de pasajeros, sin embargo son utilizados de manera similar previas modificaciones realizadas de manera artesanal, la diferencia más notoria a la de un chasis para pasajeros es que los de carga son reforzados, es decir lleva placas adicionales, que le brinda mayor dureza y rigidez frente a cargas más altas que tienen que soportar al momento de realizar su trabajo.

Figura 1.23 Sección transversal chasis reforzado



*Fuente: Chasis motor International
Elaborado por: Bolívar Andrade*

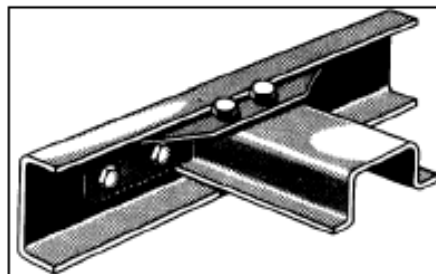
El uso de este tipo de chasis de carga en el transporte de pasajeros aspectos negativos como en el confort y la seguridad de los ocupantes, así como el estado y duración de la carrocería. Los materiales utilizados en un chasis de carga presentan ciertas variantes con respecto al de pasajeros, principalmente en el tratamiento del material, debido a que necesita mayor rigidez, debido al esfuerzo que posee el chasis de camión, los chasises son normalmente de acero estructural.

Elementos constitutivos de un chasis de carga

(Coronel Daquilema , 2010) Menciona que:

Los elementos constitutivos de un chasis de carga son básicamente dos príncipes los largueros y travesaños, estos dos elementos se unen para formar la estructura integra del chasis, los largueros son perfiles longitudinales y en este se apoyan un sin número de elementos. Los travesaños, son los tramos transversales que se encuentran entre los largueros, por lo general son tres o cuatro dependiendo del largo del camión”.

Figura 1.24 Elementos de un chasis



Fuente: Mercedes Benz

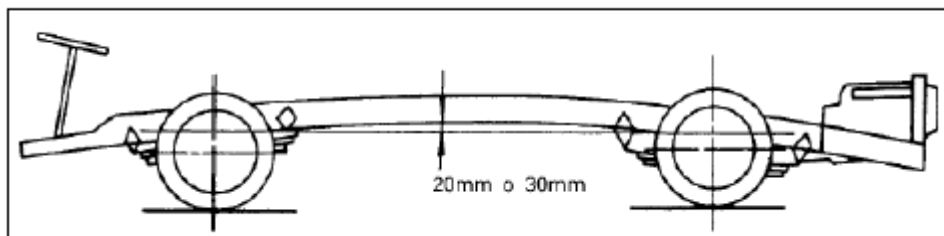
Chasis o bastidor de pasajeros

(Coronel Daquilema , 2010) Menciona lo siguiente:

“El chasis de pasajeros es diseñado para prestar únicamente este tipo de servicio, para ello todos sus elementos constitutivos han sido diseñados y adaptados en función del manual de carrozado. Este tipo de chasis presenta prestaciones de confort y seguridad para los usuarios, también favorece a la duración de la carrocería”.

Los aspectos relevantes de un chasis apto para el transporte de pasajeros es la disposición del motor en la parte posterior, el sistema de dirección adelante del eje delantero, la rigidez del bastidor, en el caso de un chasis sin carrocería solo con el peso del motor aproximadamente una tonelada, el bastidor del chasis de un bus al no ser muy rígido, se pandea entre 20 a 30 mm con respecto a su eje longitudinal, lo que ocasiona un desplazamiento del centro de gravedad y por ende causa inestabilidad del conjunto.

Figura 1.25 Rigidez del chasis



Fuente: Chevrolet serie LV

Los largueros por otro lado se tuercen en el orden de solo algunos milímetros, por consiguiente la rigidez del bastidor es mucho menor que la rigidez de la carrocería, de esta forma el chasis y la carrocería se complementan para formar una sola unidad de transporte, la cual debe estar diseñada para resistir cualquier tipo de carga o deformación sin acortar la seguridad y el confort de los usuarios.

Los materiales para la fabricación del chasis difieren a los de carga, principalmente en refuerzos y la estructura del material, la especial variante es el espesor de largueros y travesaños está en el orden de los 8 mm, mientras que el espesor de un camión en un rango de 10 a 12 mm, se puede considerar que el chasis de un bus con respecto a larguero y travesaño tiene un 25% menor de espesor que un chasis de camión.

1.3.8 Condiciones adicionales que influyen en el comportamiento de un vehículo

La selección de un vehículo es una responsabilidad, que se debe analizar con detenimiento, así como las necesidades a satisfacer antes de realizar la adquisición de un vehículo, el desempeño del mismo que en la práctica es conocido como performance, se ve afectado por los elementos que compone el tren motriz, así como diversos parámetros cuantitativos, de los cuales destacan principalmente dos: la pendiente más crítica por la que transitará que esta depende de la ruta de operación y del peso de la carga máxima que se requiere transportar.

Con lo indicado en un principio se puede determinar la potencia máxima del motor y por consiguiente se puede establecer los elementos que integran el tipo de vehículo y su tren motriz, el peso bruto vehicular y las dimensiones requeridas, estos son los factores que requerirán potencia adicional para arrancar y superar las pendientes críticas, así como para vencer la resistencia en una carretera en malas condiciones.

(Zavala Ponce & Rafael Morales, 1999) Menciona lo siguiente:

Rutas más críticas

El entorno de los caminos por donde transitaran los vehículos son un aspecto importante, ya que dependiendo de ello se analizaran los componentes mecánicos del vehículo que se ofrecen en el mercado.

Es por esto que la definición de las rutas más críticas nos resulta indispensable y se debe prestar particular atención al estado de la carpeta asfáltica tal como la

rugosidad y desgaste de la superficie de la carretera y a los porcentajes de pendientes ascendente máximo ya que dependiendo del porcentaje que tiene que vencer la unidad, será el desempeño del mismo, tanto en la capacidad de ascenso o arrancabilidad en pendiente. Estos son factores que inciden fuertemente en la determinación de los componentes del tren motriz y en la potencia requerida del motor.

Tipos de terrenos

Las características de las carreteras están limitadas de acuerdo con las características topográficas del terreno que atraviesen, por lo que se consideran los siguientes tipos de terreno: plano, ondulado y montañoso.

Terreno plano: se considera el que sus pendientes son longitudinales uniformes y generalmente de corta magnitud, con pendiente transversal escasa o nula, que permite a los vehículos pesados mantener una misma velocidad que las de los vehículos ligeros.

Terreno ondulado: presenta un perfil longitudinal con sucesiones de cimas y depresiones de cierta magnitud, con pendiente transversal no mayor que 45%, con respecto al inicio de la misma pendiente., que obliga a los vehículos pesados reducir las velocidades de manera significativa.

Terreno montañoso: este tipo de terreno es caracterizado por accidentes topográficos importantes, presentando pendientes transversales mayores que 45% con respecto al inicio de la misma pendiente, que obliga a los vehículos pesados a circular a velocidad limitada durante distancias considerables.

Tipos de Pendientes

Se utiliza el término pendiente en una obra vial como las carreteras, para definir la relación entre el desnivel y la distancia horizontal que hay entre dos puntos, diferenciándose principalmente dos tipos de pendientes, la pendiente gobernadora y la pendiente máxima.

- Pendiente gobernadora es la pendiente que teóricamente puede darse a las tangentes verticales en una longitud definida, la mejor pendiente

gobernadora para cada caso será aquella que al conjugar permita obtener el mejor costo de construcción, conservación y operación.

- Pendiente máxima es la mayor pendiente de una tangente vertical que se podrá utilizar en longitud que no exceda a la longitud crítica correspondiente.

A continuación se indica en la Tabla 1.3. Se indica los valores máximos de pendientes gobernadas y de las pendientes máximas de acuerdo con el tipo de carretera o terreno.

Tabla 1.3 Relación entre pendiente máxima (%) y velocidad de diseño

Tipo de carretera	Tipo de terreno	Velocidad de diseño en Km/h									
		25	35	40	50	60	70	80	90	100	110
CLASE I	Llano	-	-	-	-	-	-	4	3	3	3
	Ondulado	-	-	-	-	-	5	5	4	4	4
	Montañoso	-	-	-	-	-	6	6	5	5	5
CLASE II	Llano	-	-	-	-	5	4	4	3	-	-
	Ondulado	-	-	-	-	6	5	5	4	-	-
	Montañoso	-	-	-	8	7	7	6	-	-	-
CLASE III	Llano	-	-	7	7	7	6	-	-	-	-
	Ondulado	-	11	10	10	9	8	-	-	-	-
	Montañoso	-	12	11	11	10	-	-	-	-	-
CLASE IV	Llano	-	7	7	7	-	-	-	-	-	-
	Ondulado	11	11	10	10	-	-	-	-	-	-
	Montañoso	14	13	13	-	-	-	-	-	-	-
CLASE V	Llano	-	13	13	-	-	-	-	-	-	-
	Ondulado	13	11	11	-	-	-	-	-	-	-
	Montañoso	14. 2	14	13. 8	-	-	-	-	-	-	-

*Fuente: MOP Valores de diseños recomendados
Elaborado por: Bolívar Andrade*

Estilo de Conducción

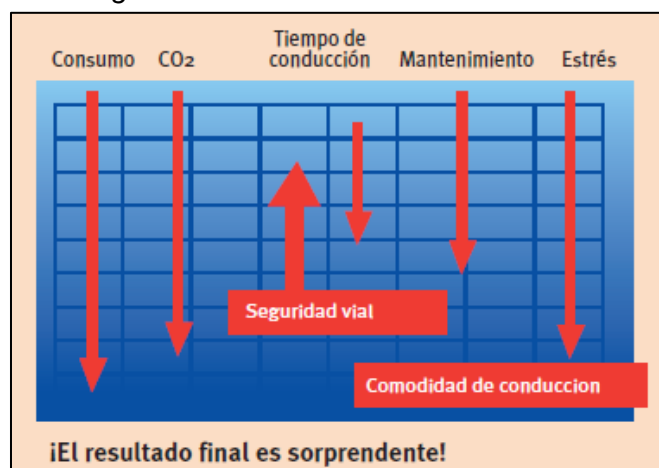
(Manual de Conducción Eficiente , 2006) Menciona lo siguiente:

El tipo de conducción de un vehículo es un factor muy importante, que influye al comportamiento del mismo, es así donde la conducción eficiente es un nuevo modo de conducir el vehículo que tiene como objeto lograr:

- Un mayor confort de conducción.
- Un menor consumo de carburante.
- Una disminución de emisiones contaminantes.
- Un aumento de la seguridad en la carretera.
- Una disminución en costes de mantenimiento (frenos, llantas, embrague, motor, etc.)

El siguiente Figura se indica los beneficios de un estilo de conducción adecuado:

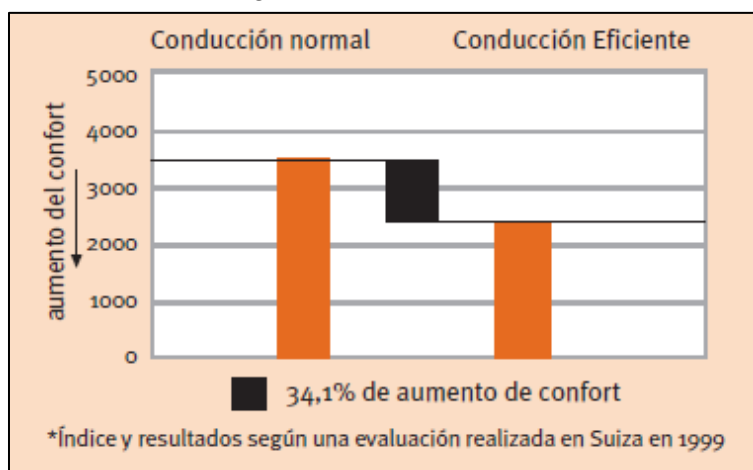
Figura 1.26 Beneficios conducción eficiente



Fuente: (Manual de conducción eficiente para conductores de vehículos industriales , 2005)

Mejora del confort: Además de todos los sistemas de mejora del confort que incorporan los vehículos modernos, se puede hacer que el viaje sea aún más cómodo mediante la conducción eficiente. Se trata de evitar acelerones y frenazos bruscos, con lo que los ruidos correspondientes procedentes del motor se pueden eliminar, mantener una velocidad media constante, realizar el cambio de marchas conveniente que mantenga funcionando el motor de forma regular, etc. Ante todo, la conducción eficiente es un estilo de conducción impregnado de tranquilidad y que evita el estado de estrés producido por el tráfico al que están sometidos los conductores, sobre todo en ciudad.

Figura 1.27 Índice de confort



Fuente: (Manual de conducción eficiente para conductores de vehículos industriales , 2005)

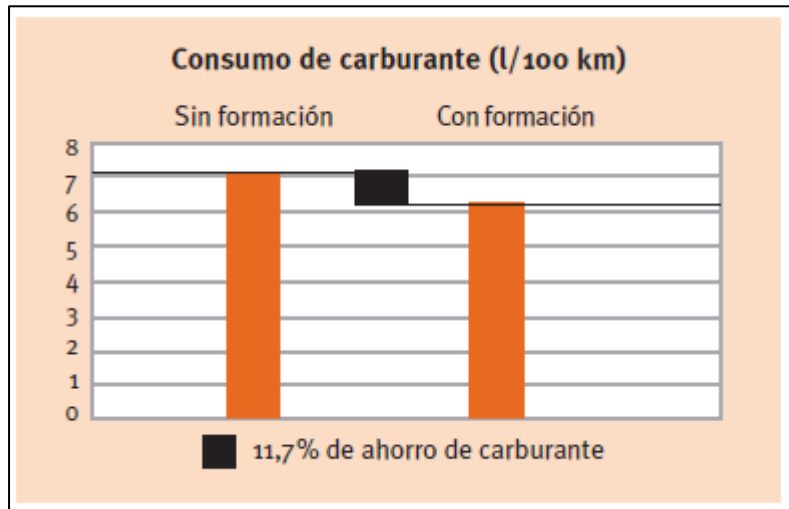
Menor consumo: El conductor, con su comportamiento, tiene una gran influencia sobre el consumo de carburante en el vehículo, deberá tener especial cuidado en:

- El arranque del vehículo.
- La utilización del acelerador.
- El uso de las marchas de forma adecuada.
- La anticipación frente a situaciones imprevistas del tráfico.

Intentará también mantener una velocidad constante y adecuada a cada situación, para que su consumo se mantenga dentro de los niveles que marca la conducción eficiente, optimizando de esta forma el gasto de carburante.

Se ha evaluado que con la conducción eficiente se puede ahorrar de 10 a 25% de combustible.

Figura 1.28 Consumo de combustible con conducción eficiente

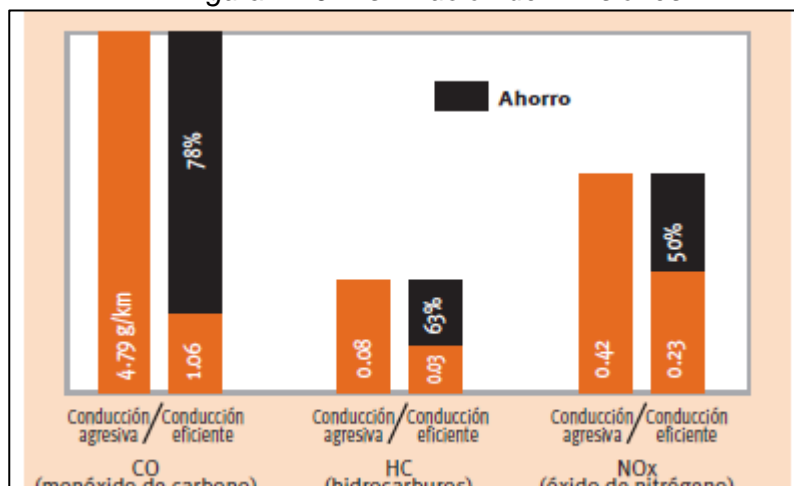


Fuente: (Manual de conducción eficiente para conductores de vehículos industriales , 2005)

Disminución de emisiones: La reducción en el consumo de carburante lleva asociado directamente la reducción de emisiones contaminantes a la atmósfera.

La contaminación atmosférica produce enfermedades. Agentes contaminantes como óxidos de carbono y de nitrógeno, hidrocarburos y partículas, se asocian a enfermedades como las dificultades respiratorias, los problemas oculares, las enfermedades cardiovasculares y las jaquecas. También corroen materiales y atacan a todo tipo de vegetación.

Figura 1.29 Disminución de Emisiones



Fuente: (Manual de conducción eficiente para conductores de vehículos industriales , 2005)

Aumento de la seguridad: El enorme progreso de las tecnologías ha permitido que los automóviles que hoy se conducen incluyan una serie de elementos que velan por la seguridad de los ocupantes.

Pero aun así, las cifras de accidentes de tráfico no se reducen lo suficiente.

La conducción eficiente afecta a la seguridad al tener como principales enseñanzas:

- Mantener una distancia de seguridad superior a la habitual, para tener mayor tiempo de reacción en caso de incidencias en el tráfico.
- Mantener una velocidad media constante, para reducir la velocidad punta que puede llegar a alcanzarse en un determinado recorrido.
- Conducir con anticipación y previsión manteniendo siempre un adecuado campo visual.

Estudios realizados en países europeos donde la conducción eficiente lleva tiempo implantada demuestran reducciones en las cifras y gravedad de los accidentes de tráfico.

Menor coste: El efecto de reducción de consumo está asociado a un menor coste de combustible y a su vez a un menor coste en mantenimiento del vehículo.

Las pautas impuestas por la conducción eficiente provocan que todos los elementos del vehículo estén sometidos a un esfuerzo inferior al que soportarían en el caso de la conducción tradicional. Por ejemplo, la relación de marchas adecuada evita someter a la caja de cambios a esfuerzos innecesarios, y la

anticipación y el uso del freno motor minimizan el desgaste del sistema de frenado.

CAPÍTULO II:

2. DESARROLLO DE LA PROPUESTA DE UNA METODOLOGÍA PARA SELECCIÓN DEL TREN MOTRIZ Y CHASIS PARA VEHÍCULOS DE TRANSPORTE COLECTIVO EN EL ECUADOR

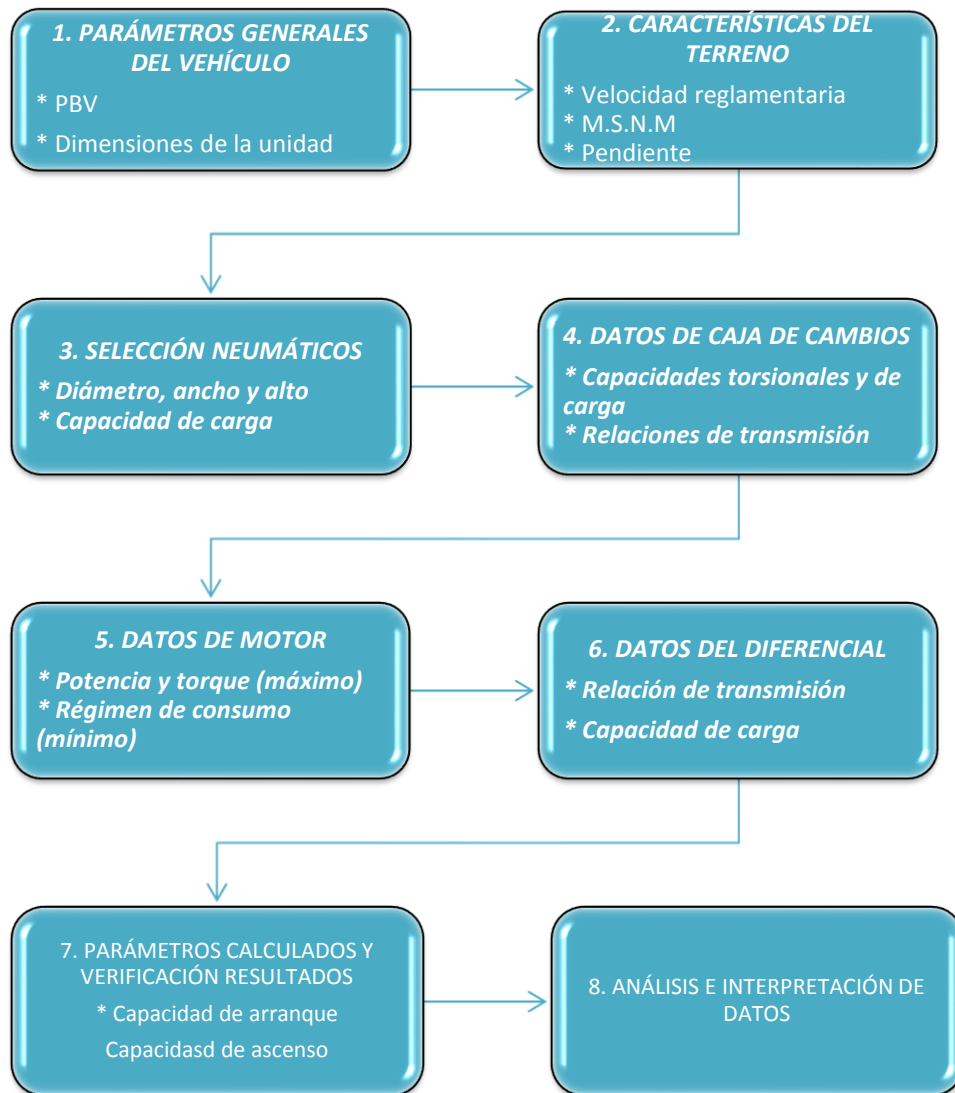
La propuesta de la metodología para la selección de los componentes del tren motriz se basa en análisis en cada uno de sus componentes, de acuerdo a las características o especificaciones técnicas proporcionadas por el fabricante, para ello en nuestra metodología para el análisis a realizar se considera un punto de partida tomando en cuenta características del vehículo como su PBV y dimensiones, analizando en base a esto las características del tipo de neumático, continuando con la selección del tipo de transmisión (caja de cambios), datos de motor, tomando en conjunto para la selección del tipo de diferencial, ya que de

este depende la prestaciones del vehículo en función del tipo de servicio que se requiere o tipo de terreno a circular.

La obtención de estos parámetros nos ayuda a determinar el tipo de tren motriz seleccionado, desplegando resultados en función de los parámetros calculados, así como la verificación de los mismos, donde se obtiene las gráficas para poder realizar la interpretación y análisis respectivo.

Para facilitar el desarrollo de la propuesta de selección de tren motriz, se ha establecido un diagrama del proceso a seguir que contiene ocho etapas y cada una contiene subprocesos tal como se muestra en la Figura 2.1.

Figura 2.1 Proceso del desarrollo de la propuesta



Elaborado por: Bolívar Andrade

2.1 DESARROLLO DEL SOFTWARE PARA LA APLICACIÓN TREN MOTRIZ

El programa para la selección del tren motriz del transporte colectivo se desarrollará con la ayuda del software MATLAB, principalmente porque permite disminuir el número de variables, pues el manejo de los datos se lo realiza en forma de vectores y de matrices. El software a desarrollar cuenta con los parámetros necesarios para el análisis de los elementos que conforman el tren motriz, tomando en cuenta las condiciones adicionales que influyen en el comportamiento de cada uno de ellos, en este caso se realiza el análisis desde su PBV.

Las acciones que realiza el programa son:

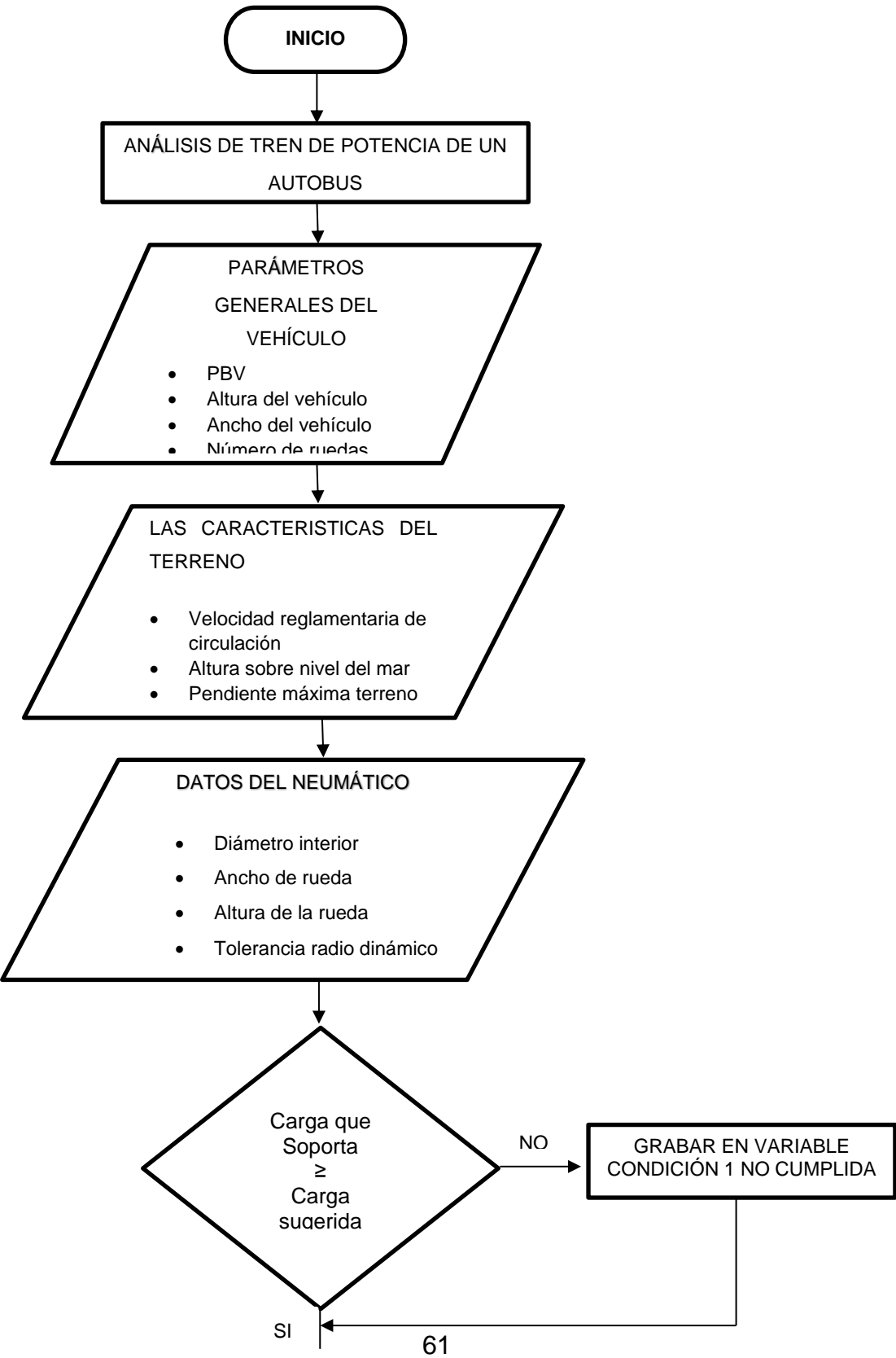
- 1.- Solicitar los datos generales del vehículo, donde se contempla el peso bruto vehicular (PBV), altura, dimensiones del vehículo y número de neumáticos, al igual que el ingreso de las características del terreno, considerado estos los datos de velocidad reglamentaria de circulación, altura sobre nivel del mar y tipo pendiente de circulación sugerida.
- 2.- En base a lo anterior, se procede a seleccionar el tipo de neumático, en función de PBV sugerido de acuerdo a los datos ingresados, también se toma en cuenta la selección del rin o diámetro de rueda, perfil, ancho de neumático y la tolerancia del radio dinámico sugerido.
- 3.- Se procede a la selección del tipo de caja de cambios, donde el programa nos indica que la capacidad de carga debe ser mayor o igual al PBV, en función a los datos ingresados, luego se procede al ingreso de relación de transmisión de la primera y última marcha, capacidad torsional y número de marchas, estos datos en su mayoría se encuentran en los catálogos de especificaciones técnicas del vehículo, los datos solicitados con respecto a relaciones de transmisión son necesarios para determinar mediante los cálculos las velocidades finales y la capacidad de ascenso.

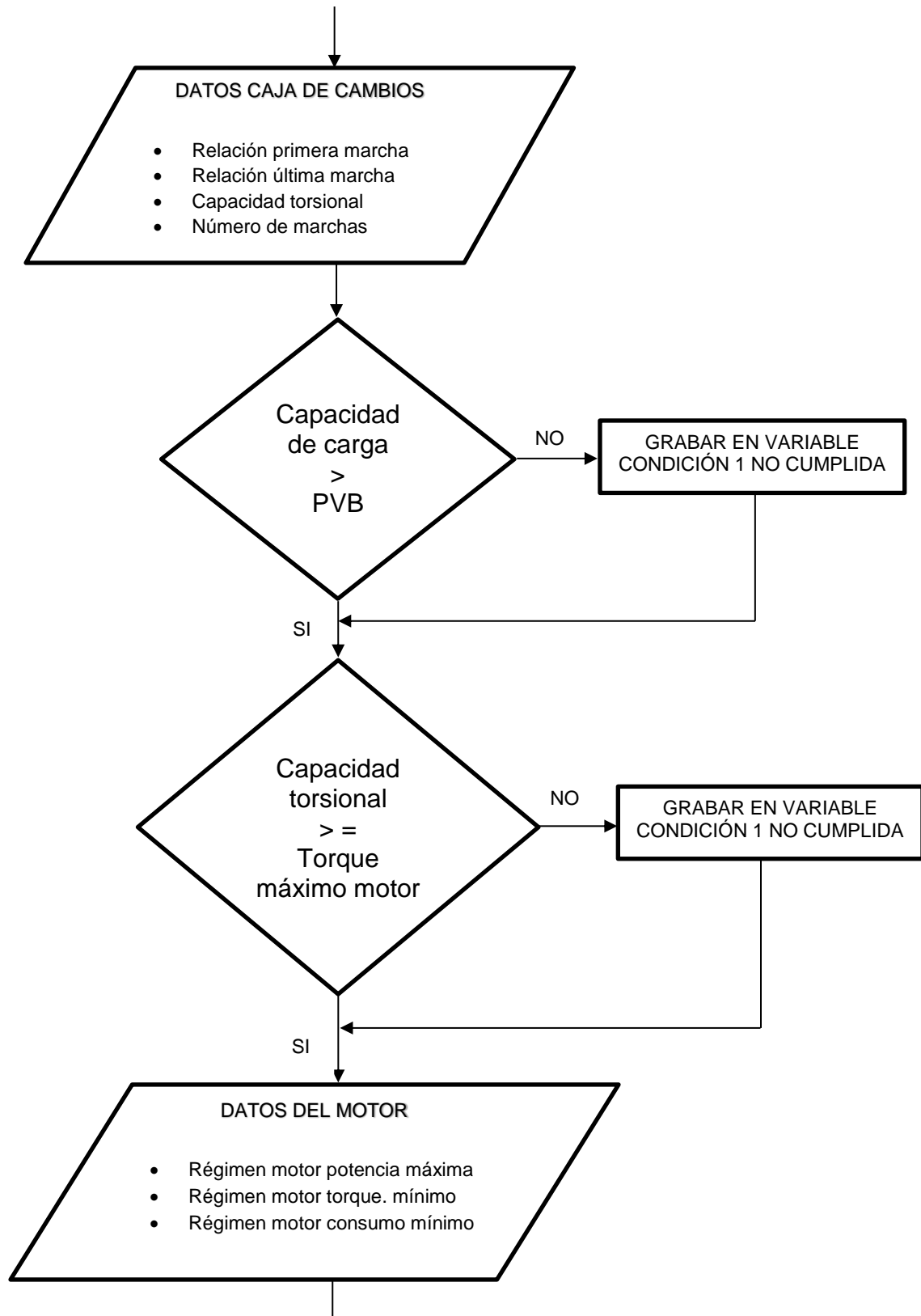
4.- Una vez determinada la transmisión, se seleccionará el motor basándose en el par motor máximo que soporta la transmisión o caja, también se realiza el ingreso de datos referente a revoluciones del motor (RPM) como son a su régimen de potencia máxima, torque máximo y consumo mínimo de combustible, estos datos vienen proporcionados por las curvas del motor que facilita el fabricante. Con estos tres elementos del tren motriz: neumáticos, transmisión y motor, se calcula el paso del diferencial de acuerdo a la sugerida por el programa que nos indica un valor máximo de relación de transmisión.

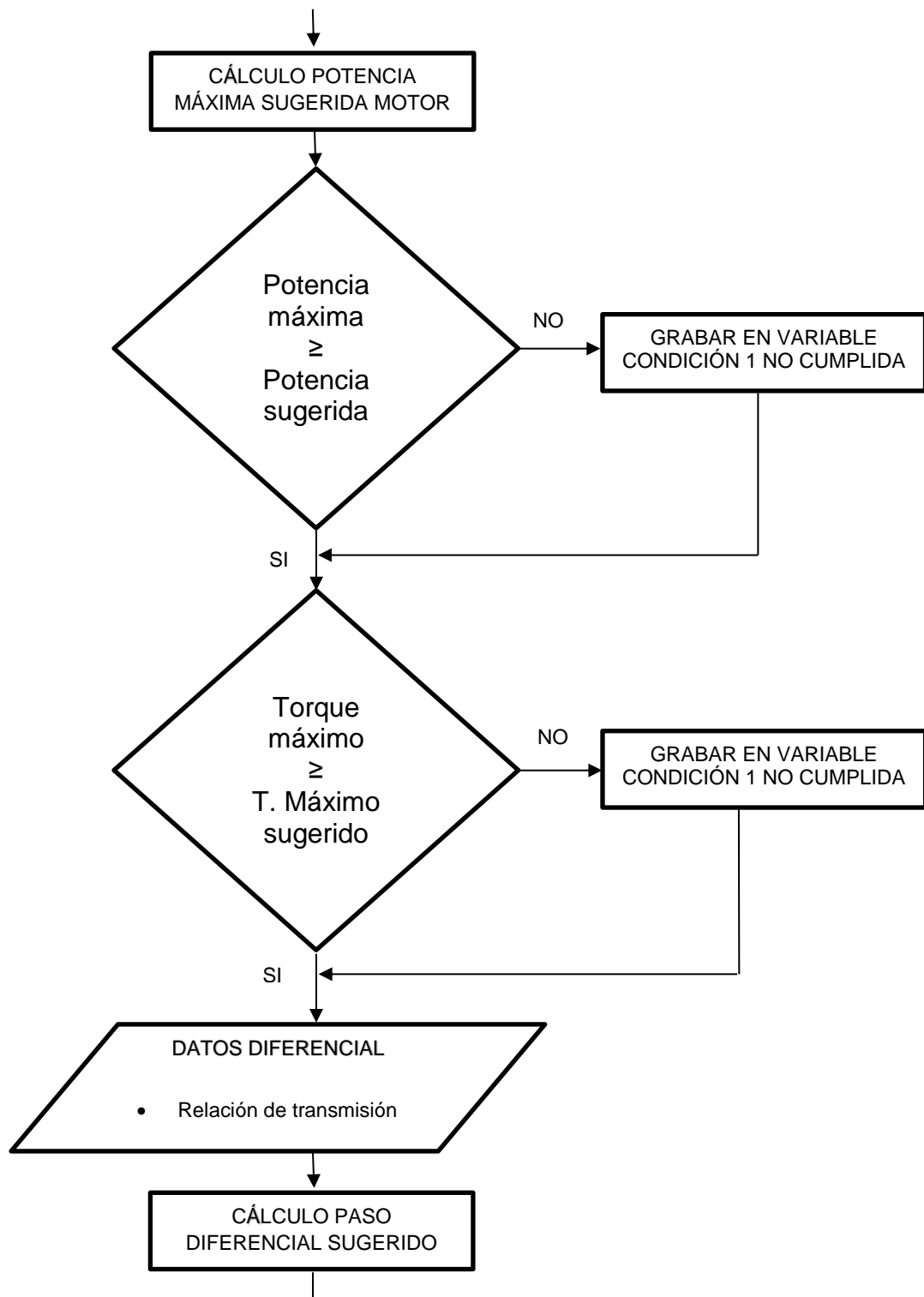
5.- Una vez determinado todos los elementos del tren motriz el programa nos indica los parámetros calculados y la verificación de los mismos, donde se puede visualizar si cumple o no de acuerdo a los datos ingresados proporcionados por el fabricante. El programa nos da la opción de continuar con el análisis del tren o simplemente finalizar y realizar un nuevo análisis de sus componentes, con esto podemos determinar si el vehículo cumple con lo requerido para el tipo de terreno, pendiente o velocidades por las cuales va circular.

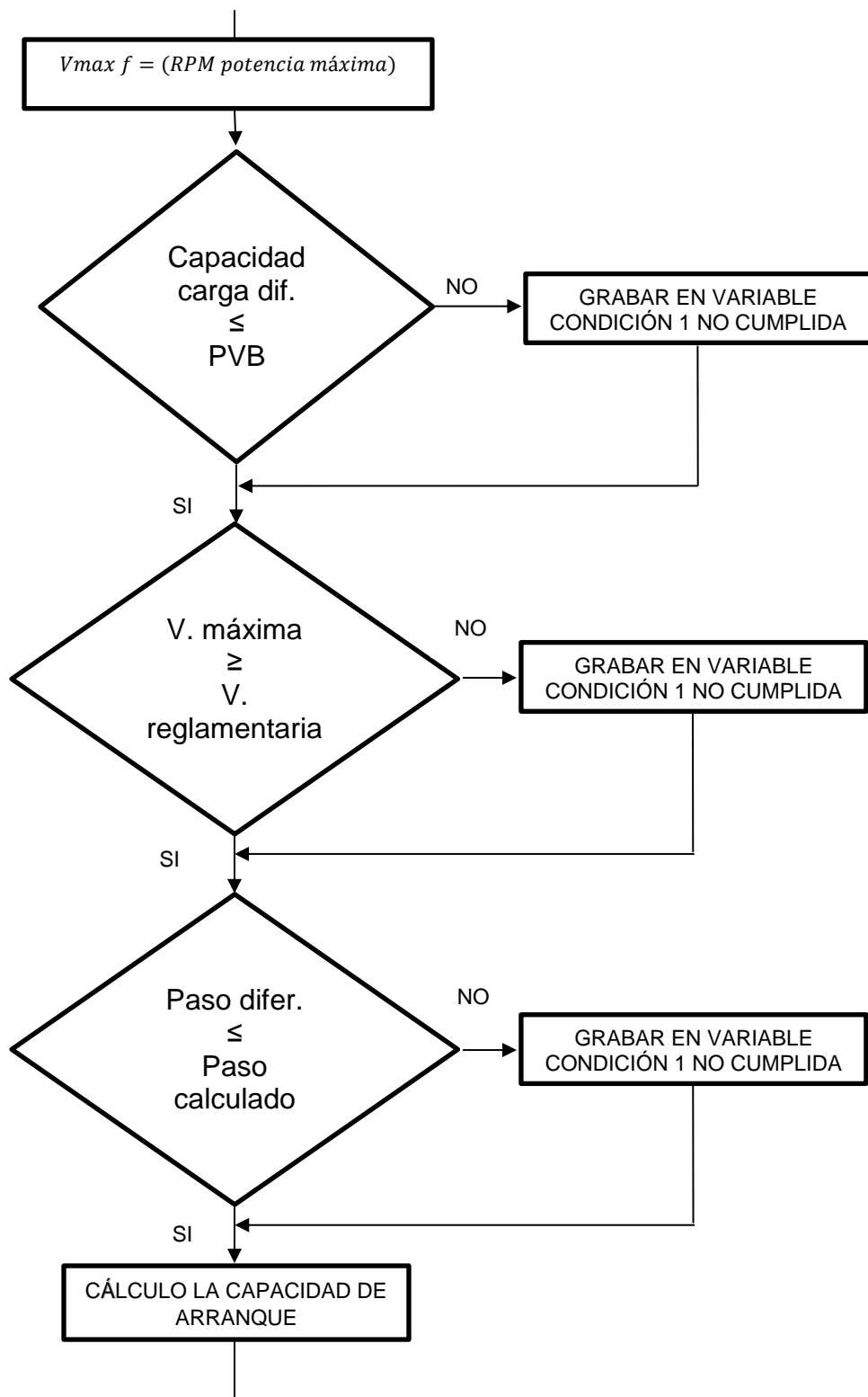
6.- Realizado el análisis del tren motriz se procede al ingreso de datos, para la obtención de las gráficas tanto del desempeño donde se ingresan datos para obtener las gráficas de par motor, potencia máxima y consumo a determinadas RPM.

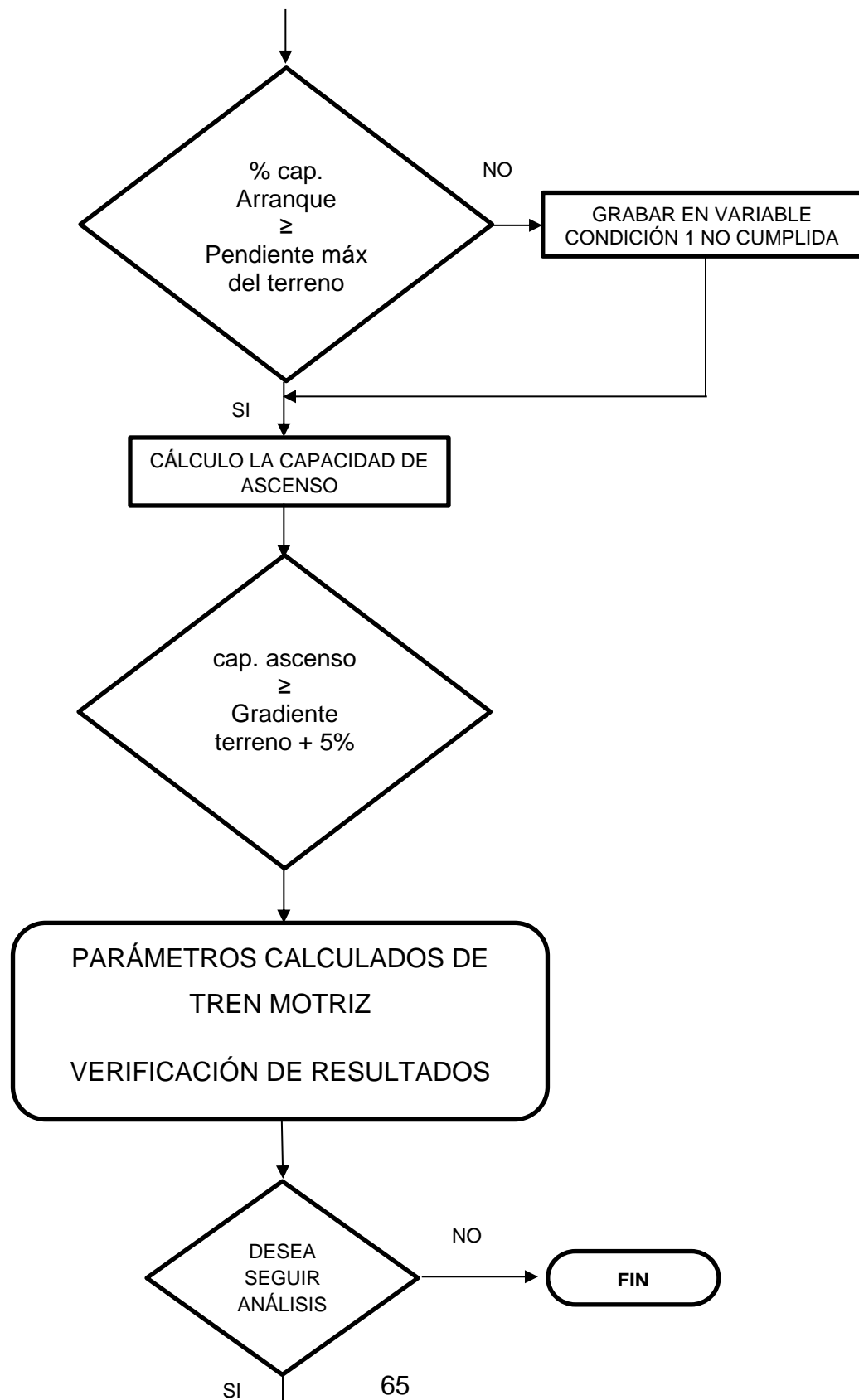
2.1.1 Definición del flujograma para el diseño de la propuesta

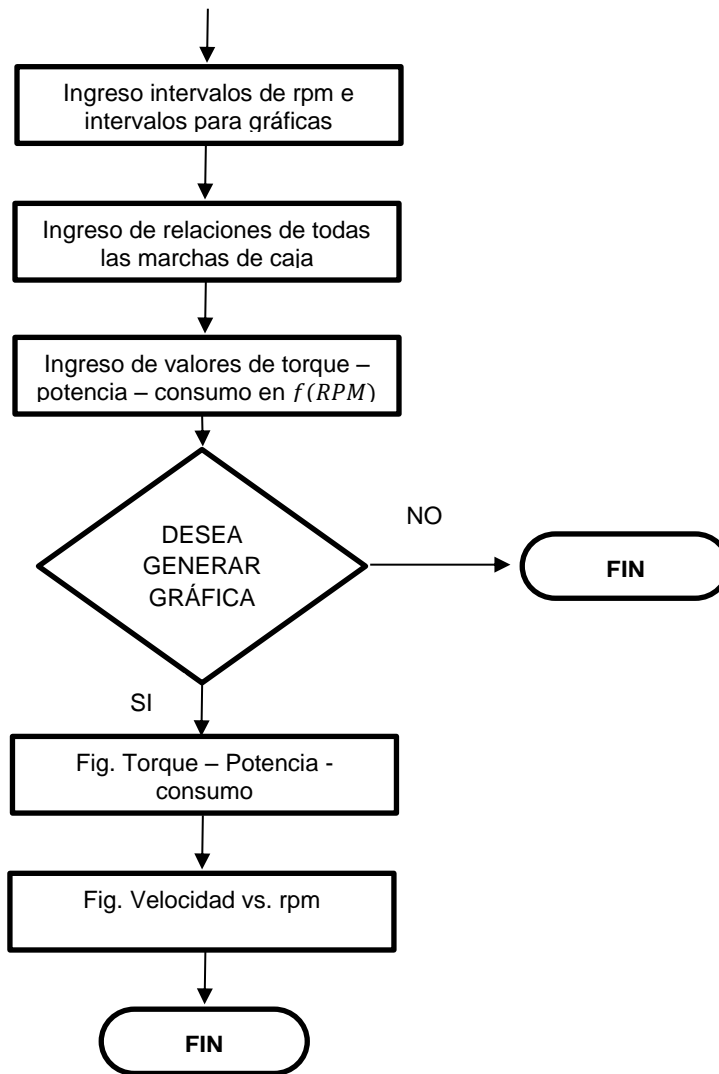












2.1.2 Selección de neumáticos

El programa como punto de partida después de conocer el PBV y dimensiones del vehículo, para el análisis del tren motriz, realiza la selección de llantas o neumáticos en función del PBV, los neumáticos son los elementos que tienen contacto con la carretera, soportando todo el peso del vehículo a la vez que permiten su movimiento, por lo que para conocer la velocidad que puede desarrollar el vehículo es necesario conocer el desplazamiento de la llanta cuando da un giro completo; este desplazamiento depende del tamaño o diámetro de la misma.

Está establecido el tamaño de la llanta principalmente por la distancia entre el suelo y el chasis del vehículo, ya que dependiendo de esta distancia se puede aumentar o disminuir el efecto de suelo que produce la depresión del aire debajo del vehículo. El tamaño de una llanta se encuentra marcado con números y letras sobre el mismo neumático.

Se puede considerar, a manera de ejemplo, una llanta que tiene grabado lo siguiente: 345/70 R 24

De la nomenclatura lo que nos interesa principalmente es:

- El ancho de sección o ancho de piso; en el ejemplo sería 345 [mm], se mide con la presión máxima de inflado y sin carga alguna.
- El diámetro del rin; en el ejemplo sería 24 [pulg], esta medida siempre viene determinada en pulgadas.
- La serie, en donde indica la altura del neumático que es el 70 % de la anchura en el caso ejemplo.

Con el ancho de sección y la serie se determina la altura de la cara. Si la llanta no tiene número de serie, se supone que el ancho de sección es la altura de la cara. De otra forma al tener un número de serie, éste representa el porcentaje del

ancho de sección que será entonces la altura de la cara.

Para el análisis de selección en el programa consideramos lo siguiente:

Carga rueda sugerida de la rueda determinada como CRS, donde se obtiene el valor la capacidad requerida del neumático en función del PBV y el número de ruedas., como se indica a continuación:

$$CRS = \frac{PBV}{Nr}, \quad [Kg] \quad [Ecuación 2.1]$$

Donde:

CRS = Carga de rueda sugerida [Kg]

PBV = Peso bruto vehicular [Kg]

Nr = número de ruedas vehículo

Un dato peculiar que se considera para la selección del neumático es el Radio dinámico, el cual no indica la tolerancia en porcentaje, cuando tenemos la rueda en movimiento, es decir lo que genera por el desplazamiento de las masas a que el neumático tienda a expandirse, especialmente en altas velocidades, variando así su diámetro exterior de la rueda; para determinar lo mencionado utilizamos la siguiente ecuación:

$$Rdin = \frac{rin}{2} + \frac{ar \cdot hr}{100} + tolrin, \quad [mm] \quad [Ecuación 2.2]$$

Donde:

Rdin = Radio dinámico de las ruedas [mm]

rin = Diametro interior rueda [mm]

ar = Ancho de rueda [mm]

hr = Altura de rueda [%]

$tolrin = tolerancia\ 10\ [\%]$

Para determinar el perímetro de una llanta o rueda se debe de multiplicar el diámetro de la llanta por la constante Pi (3.1416). El diámetro de la llanta será dos veces el ancho de la cara más el diámetro del rin, tomando en cuenta que el diámetro es tomado en base al valor de radio dinámico:

$$Cll = \pi \cdot d, \quad [m] \quad [Ecuación\ 2.3]$$

Donde:

$Cll = Circunferencia\ de\ la\ llanta\ [m]$

$d = Diametro\ de\ lallanta\ [mm]$

Finalmente con los datos obtenidos podemos calcular las revoluciones por kilómetro del neumático:

$$Rv = \frac{1000}{Cll}, \quad \left[\frac{Rev}{km}\right] \quad [Ecuación\ 2.4]$$

Donde:

$Rv = Revoluciones\ de\ la\ llanta\ \left[\frac{Rev}{km}\right]$

El programa en sí realiza una validación de los datos ingresados y sugiere un valor mínimo de carga de neumáticos dependiendo del número de los mismos y el peso vehicular PBV.

2.1.3 Selección de la caja de cambios

La transmisión o caja de cambio de velocidades, es la parte del tren motriz que aprovecha el torque y las revoluciones por minuto que desarrolla el motor, para modificarlos mediante una serie de engranes y transmitirlos a las ruedas motrices, permitiendo al vehículo desarrollar una variedad de velocidades. La información respecto a las relaciones de la transmisión se obtiene de las fichas técnicas del fabricante del vehículo o de la transmisión.

La transmisión y el diferencial proporcionan la relación de engranes necesarios para utilizar de manera efectiva la potencia del motor. Por lo que la selección cuidadosa de la relación de engranes hace posible alcanzar la operación del motor dentro de su rango de trabajo para maximizar el desempeño al menor costo. La máxima eficiencia del rango de trabajo para algunos motores es cuando la máxima potencia es producida por litro de combustible consumido.

La relación de engranes deberá ser numéricamente baja para proporcionar un máximo desempeño con combinaciones de engranes menores, y una arrancabilidad (*startability*) bajo todas las condiciones de operación. Para arrancar un vehículo sobre terreno plano, se requiere una reducción suficiente que permita negociar una pendiente del 10%. Para arrancar un vehículo sobre una pendiente se requerirá una reducción que permita arrancar la unidad equivalente al 10% más la reducción requerida para negociar la pendiente deseada. La reducción total del engrane bajo en el tren de engranes es equivalente al producto del menor engrane en cada componente.

Algunos diseños de motores utilizan altas revoluciones para desarrollar la potencia máxima y requieren una correcta relación de engranes para reducir las altas revoluciones requeridas para las velocidades del camino. Con motores de bajas r.p.m., la relación de engranes de la transmisión debe mantener las r.p.m. del motor cerca del torque pico para la eficiente operación del vehículo.

Para continuar con la selección de la caja de cambios, se verifica la capacidad de carga de las mismas, que por fábrica ya viene determinada para el tipo de vehículo en relación al PBV.

El programa solicita la relaciones de paso tanto de la primera marcha, como la ultimar marcha, con el fin de determinar la capacidad de arranque en pendiente y la capacidad de ascenso, las cuales serán definidas de acuerdo a la potencia del motor y paso del diferencial.

2.1.4 Selección del motor

Para el cálculo de la potencia estimada del motor, establecemos los datos obtenidos referentes a dimensiones del vehículo y PBV proporcionados por el fabricante, en el programa utilizamos la ecuación que hac [Ecuación 2.5] potencia estimada para buses, como se indica a continuación:

$$Pe = ((13,44 \cdot w) \cdot (h - 0,22)) + (0,00185 \cdot PBV), \quad [kW]$$

Donde:

$w = \text{ancho del vehículo} [m]$

$h = \text{alto del vehículo} [m]$

$PBV = \text{Peso bruto vehicular} [Kg]$

El torque máximo sugerido para el motor viene dado en función de función de la capacidad torsional de la caja, el cual tiene que ser igual o menor ya que de este depende que la caja de cambios no sufra mayor capacidad torsional al tener un motor de elevado torque.

Las curvas características de potencia, para torsional y consumo son las proporcionadas por el fabricante, el programa nos solicita el régimen del motor de potencia máxima, torque máximo y consumo mínimo en RPM.

2.1.5 Selección del diferencial

(Zavala Ponce & Rafael Morales, 1999) Menciona que:

Para la selección del diferencial, se debe considerar los siguientes factores:

- Combinación del peso vehicular.
- Tipo de terreno.
- Velocidad de desplazamiento.
- Tamaño de las llantas.
- Relaciones de la transmisión.
- Torque del motor.

- Velocidad del motor.
- Mantenimiento.
- Tipo de manejo.

Para el análisis se debe considerar el acoplamiento del diferencial con las diferentes relaciones de la transmisión, complementando a cada una y aprovechar de esta forma la potencia disponible del motor para el desempeño del vehículo.

La consideración del peso vehicular, normalmente es para seleccionar la relación de engranes apropiada para alcanzar la velocidad límite bajo condiciones de carga. La velocidad óptima de operación (velocidad crucero), deberá ser también una base para determinar el requerimiento de la potencia para el vehículo cargado.

La velocidad crucero es alcanzada a través del acelerador sin un cambio de engranes. La reducción de las r.p.m. del motor permite utilizar menos potencia, lo que conlleva a operar al motor dentro o cerca del rango de economía de combustible del motor. Cuando un motor se opera dentro del rango económico no solamente se reducen los costos de mantenimiento y operación, sino que se asegura prolongar la vida del mismo.

La combinación transmisión-diferencial debe producir pasos de engranes cerrados a través del período de aceleración y asegurar un eficiente desempeño bajo todas las condiciones del camino, y generalmente con el peso vehicular máximo.

Lo que se necesita conocer del diferencial es la relación corona/piñón, esto es el paso del diferencial, que determina la reducción del movimiento que es transmitido a las ruedas motrices.

La práctica común de manejar con el acelerador hasta el fondo, se traduce en tener revoluciones cercanas a 2100 r.p.m., con los mismos pasos reglamentarios de diferencial, para poder lograr velocidades altas, lo que ocasiona un desgaste prematuro del motor.

Con lo expuesto anteriormente podemos determinar la relación de paso del

diferencial, donde se considera para su cálculo la circunferencia de la llanta calculada, el régimen de consumo mínimo que viene determinado por el fabricante, la relación de paso de la última velocidad de la caja de cambios y la velocidad reglamentaria:

$$Pdsug = \frac{60 \cdot Cll \cdot (Rcm + 200)}{1000 \cdot Pu \cdot Vr} \quad [Ecuación 2.6]$$

Donde:

Pdsug = Paso de diferencial sugerido

Cll = Circunferencia de la llanta [m]

Rcm = Régimen de consumo mínimo [rpm]

Pu = Relación de última velocidad de la caja de cambios

Vr = Velocidad reglamentaria de seguridad $[\frac{km}{h}]$

La carga mínima sugerida para el diferencial viene dada en función del PBV.

Con los datos obtenidos podemos determinar la velocidad máxima cinemática del vehículo ya que esta viene determinada por la relación de paso del diferencial, la relación de paso de la última velocidad de la caja de cambio y el diámetro de las llantas, a continuación indico la ecuación para determinar la velocidad máxima del vehículo a su potencia máxima.

$$Vmax = \frac{d \cdot RPM \cdot 63,34}{336 \cdot Pd \cdot Pu}, \quad [\frac{km}{h}] \quad [Ecuación 2.7]$$

Donde:

V_{max} = Velocidad máxima cinemática $[\frac{km}{h}]$

Pd = Paso diferencial

RPM = Revoluciones motor en potencia máxima

d = Diámetro de la llanta $[m]$

Pu = Relación de última velocidad de la caja de cambios

Capacidad de arranque en pendiente (Startability)

La capacidad de arranque, es la máxima pendiente sobre la que el vehículo puede arrancar sin disminuir su desempeño, viene expresada en porcentaje.

Para calcular la capacidad de arranque se utiliza la siguiente ecuación:

$$S = \left(\frac{Tm \cdot Pd \cdot Pt1 \cdot Rv}{PBV} \times 0,503 \right) - 1,75 \quad [Ecuación 2.8]$$

Donde:

S = Capacidad de arranque en pendiente Startability

Tm = Torque máximo motor $[Nm]$

Pd = Relación del diferencial

$Pt1$ = Relación de la primera marcha

Rv = Reloluciones de la llanta $[\frac{rpm}{Km}]$

PBV = Peso bruto vehicular $[Kg]$

Tabla 2.1 Índice de Startability

Índice de Startability (Unidades Métricas)	Aplicación
---	------------

26	Aplicación ligera (<1%)
30	Grado de pendiente general (1%)
46	Grado de pendiente moderado (2%)
56	Grado de pendiente severo (6%)

*Fuente: Fernández Ramírez
Elaborado por: Bolívar Andrade*

Factor de altitud definido por:

$$fa = -8,084 \times 10^{-5} \cdot a + 9873,53 \times 10^{-4} \quad [Ecuación 2.9]$$

Donde:

$a = \text{altitud nivel del mar [m]}$

Potencia para vencer la resistencia aerodinámica defino por:

$$Pra = 1,3 \times 10^{-5} \cdot Va^3 \cdot \left(\frac{h}{0,3048} - 0,75 \cdot Va \right) \cdot w \cdot fa, \quad [kW] \quad [Ecuación 2.10]$$

Donde:

$h = \text{alto vehículo [m]}$

$w = \text{ancho vehículo [m]}$

Para determinar potencia corregida del motor utilizamos la siguiente ecuación:

$$P = Pmot \cdot (-8,084 \times 10^{-5} \cdot a) + 1, \quad [kW] \quad [Ecuación 2.11]$$

Donde:

$Pmot = \text{Potencia máxima del motor [Kw]}$

Para determinar la potencia de reserva utilizamos la siguiente ecuación:

$$Pv = P - (Prr + Pra + Pri), \quad [kW] \quad [Ecuación 2.12]$$

Donde:

$P_v = \text{Potencia de reserva [kW]}$

$P_{rr} = \text{Potencia de resistencia al rodamiento [kW]}$

$P_{ra} = \text{Potencia para vencer la resistencia aerodinámica [kW]}$

$P_{ri} = \text{Potencia para vencer la resistencia por inercia [kW]}$

Capacidad de ascenso en pendiente (Gradeability)

Define la capacidad que tiene un vehículo para subir una pendiente, la selección de una transmisión no apropiada con el vehículo a su máximo de carga, puede ocasionar que el rendimiento del motor disminuya considerablemente, al punto de no permitir que no pueda avanzar el vehículo.

Para determinar la Gradeability utilizamos la siguiente ecuación;

$$G = \frac{22830 \cdot P_v}{PBV \cdot V_a} \quad [Ecuación 2.13]$$

$G = \text{Capacidad de ascenso en pendiente Gradeability}$

$P_v = \text{Potencia de reserva [Kw]}$

$V_a = \text{Velocidad aparente}$

$PBV = \text{Peso bruto vehicular [Kg]}$

2.1.5 Selección del chasis

La selección del chasis en el caso de estudio a realizar no se contempla en el análisis del programa, la estructura del chasis o bastidor es semejante a la de camiones o vehículos de carga que difieren por el tipo de refuerzos, altura y posicionamiento del motor que normalmente los buses utilizan motores posteriores por comodidad y mayor ergonomía en la conducción, el nuestro país el análisis no sería un factor fundamental de selección ya que el bus viene

determinado desde su casa comercial con su chasis, lo que implica que se entre las marcas de vehículos se debe determinar cuál cumple para un cierto trabajo específico.

2.2 MANEJO DEL SOFTWARE

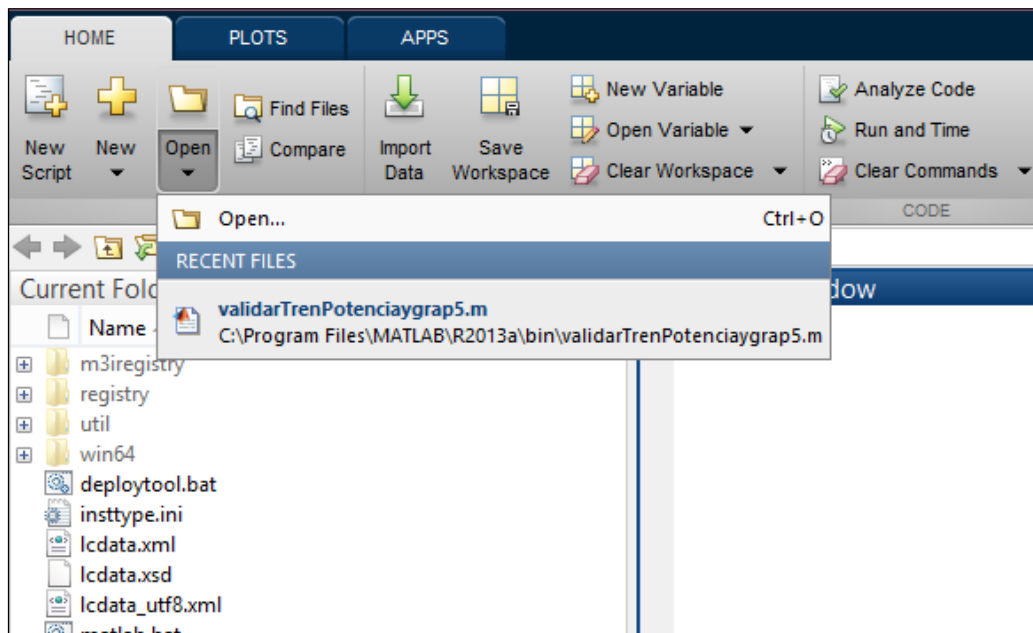
El programa para selección del tren motriz, se ha desarrollado en un software matemático MATLAB, el cual consta de un lenguaje de programación propio, para ello se realizó el ingreso de variables mediante ecuaciones y realizó los comandos respectivos para su ejecución, a continuación se indica la operación del software tomando como análisis uno de los buses mayormente utilizados para el transporte colectivo en el Ecuador.

2.2.1 Ejecución para el manejo del programa

Se va proceder al análisis del Volkibus 17210 OD marca Volkswagen, el cual es utilizado para bus tipo en las diferentes ciudades del país.

Para la operación del programa tren de potencia Ingresamos al software y se desplegara la pantalla en blanco, donde seleccionamos en la barra de tarea la carpeta abrir y elegimos el archivo tren de potencia, como se indica en la Figura 2.2.

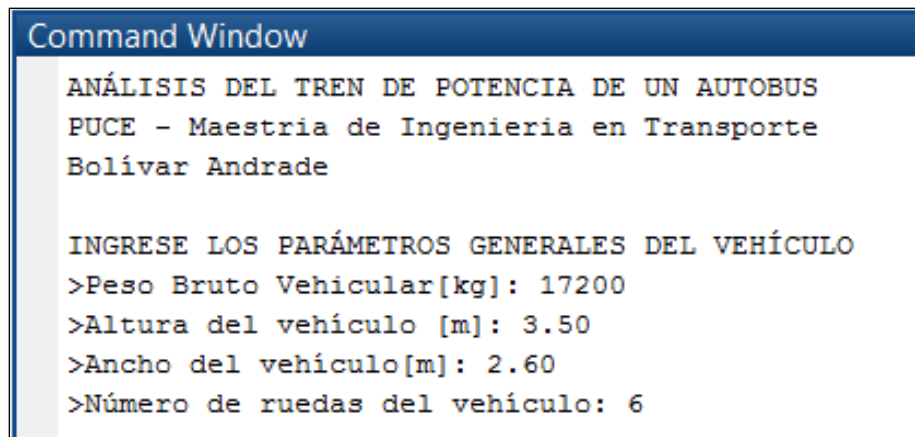
Figura 2.2 Barra de tarea para ingreso a programa



Fuente: Bolívar Andrade

Al ingresar al archivo indicado se despliega una nueva pantalla, donde se muestra todo el código de programación, seleccionamos en la barra de tareas el icono correr (Run), para empezar a ejecutar el programa y realizar el ingreso de datos:

Figura 2.3 Ingreso parámetros generales del vehículo W 17-210



```
Command Window

ANÁLISIS DEL TREN DE POTENCIA DE UN AUTOBUS
PUCE - Maestría de Ingeniería en Transporte
Bolívar Andrade

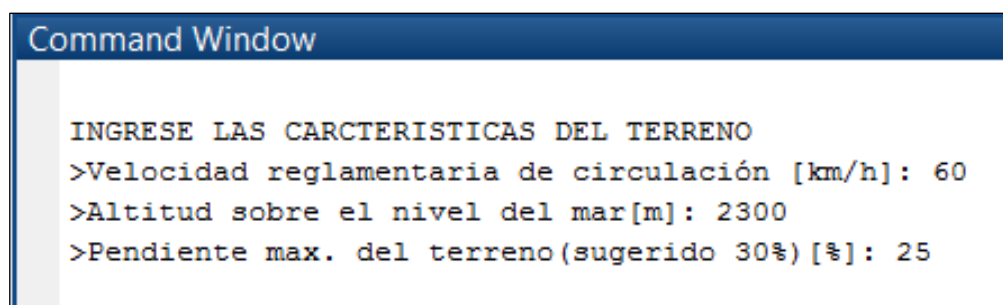
INGRESE LOS PARÁMETROS GENERALES DEL VEHÍCULO
>Peso Bruto Vehicular[kg]: 17200
>Altura del vehículo [m]: 3.50
>Ancho del vehículo[m]: 2.60
>Número de ruedas del vehículo: 6
```

Fuente: Bolívar Andrade

Como se indica en la Figura 2.3 el programa nos solicita el ingreso de datos que generalmente se encuentra en las especificaciones técnicas del vehículo, se considera la altura de la carrocería bajo la norma INEN 2205:2010 sobre las dimensiones externas del vehículo.

Después de establecer los parámetros generales del vehículo, ingresamos las características del terreno considerando la velocidad reglamentaria, como se indica en la Figura 2.4.

Figura 2.4 Ingreso características del terreno



```
Command Window

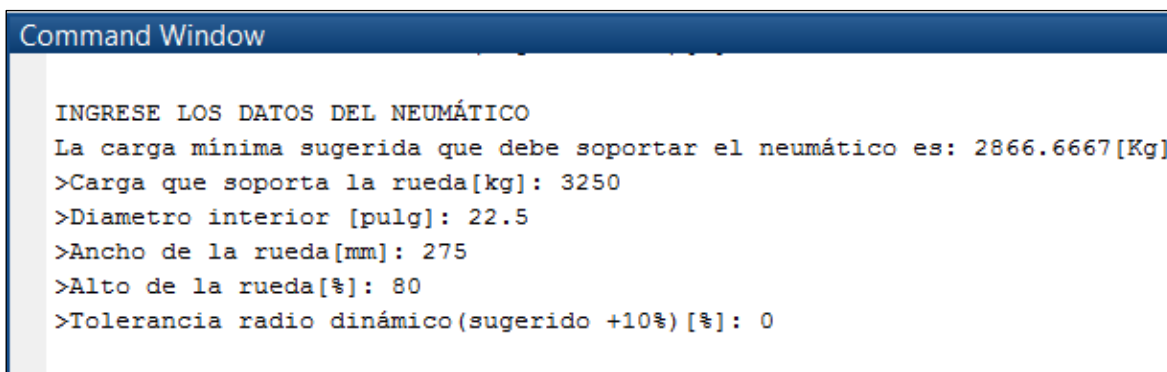
INGRESE LAS CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO
>Velocidad reglamentaria de circulación [km/h]: 60
>Altitud sobre el nivel del mar[m]: 2300
>Pendiente max. del terreno(sugerido 30%) [%]: 25
```

Fuente: Bolívar Andrade

En este caso al realizar el análisis de un bus urbano se ha tomado en cuenta como velocidad máxima los 60 km (velocidad reglamentaria), y la altura considerada de acuerdo a la topografía de nuestro país, hay que tomar en cuenta que todos los datos que nos proporciona el fabricante son considerados a nivel del mar.

A continuación ingresamos los datos del neumático en base a las especificaciones del fabricante:

Figura 2.5 Ingreso características neumático W 17-210

A screenshot of a software interface titled "Command Window". It displays a series of text prompts and user inputs for tire specifications. The prompts are in all caps, and the user inputs are in title case. The text is as follows:

```
INGRESE LOS DATOS DEL NEUMÁTICO
La carga mínima sugerida que debe soportar el neumático es: 2866.6667[Kg]
>Carga que soporta la rueda[kg]: 3250
>Diametro interior [pulg]: 22.5
>Ancho de la rueda[mm]: 275
>Alto de la rueda[%]: 80
>Tolerancia radio dinámico(sugerido +10%) [%]: 0
```

Fuente: Bolívar Andrade

Como nos indica la Figura 2.3. después de realizar el ingreso de datos referente a parámetros generales del vehículo, nos sugiere en base PBV la carga mínima sugerida para soportar el neumático, considerando el tipo de bus analizado, se sugiere una carga mínima de 2866 kg, según las especificaciones de neumáticos el índice de carga corresponde a 150, donde son neumáticos que soportan cargas superiores a las 3250 kg, este dato de acuerdo medidas de la rueda de su rin, ancho y alto de perfil, adicionalmente no indica la tolerancia de radio dinámico donde se considera un valor de cero, debido a la baja velocidad de circulación.

A continuación ingresamos los datos de la caja de cambios en base a las especificaciones del fabricante:

Figura 2.6 Ingreso características de transmisión Eaton FS-5106A (W 17-210)

```
Command Window

INGRESE LOS DATOS DE CAJA DE CAMBIOS
La capacidad de carga de la caja debe ser mayor a: 17200[Kg]
>Capacidad Carga Maxima[kg]: 17200
>Relación de 1ra marcha: 9.01
>Relación de última marcha: 1.00
>Capacidad Torsional[N.m.]: 685
>Número de marchas: 6
```

Fuente: Bolívar Andrade

Para la selección de datos, el fabricante proporciona las especificaciones del tipo de caja a utilizar, por lo general la capacidad de carga de la caja de cambios es mayor al PBV del vehículo, la capacidad torsional de la caja siempre es mayor al torque máximo producido por el motor ya que de ella depende que no se genere sobre esfuerzos de la caja y recalentamiento de la misma.

A continuación ingresamos los datos del motor en base a las especificaciones del Fabricante:

Figura 2.7 Ingreso características neumático W 17-210

```
Command Window

INGRESE LOS DATOS DEL MOTOR
La Potencia máxima sugerida para el motor es: 146.4363[Kw]
El Torque máximo sugerido para el motor es: 685[N.m]
>Potencia máxima [KW]: 152
>Torque máximo [N.m]: 657
>Régimen del motor en potencia máxima[rpm]: 2600
>Régimen del motor en torque máximo[rpm]: 1750
>Régimen del motor para consumo mínimo de combustible[rpm]: 2100
```

Fuente: Bolívar Andrade

Los datos seleccionados anteriormente sugieren una potencia máxima para el motor, verificando la potencia neta máxima que nos proporciona el fabricante nos indica los 152 [kW], hay que tomar en cuenta que los valores determinados son seleccionados con altitud sobre del nivel del mar cero.

A continuación ingresamos los datos del diferencial en base a las especificaciones del fabricante:

Figura 2.8 Ingreso características diferencial W 17-210

```
Command Window

INGRESE LAS RELACIONES DEL SISTEMA DIFERENCIAL
La relación del diferencial máxima sugerida es: 7.3088
>Relación del diferencial: 5.86
La capacidad mínima de carga sugerida para el diferencial es: 17200[Kg]
>Capacidad de carga del diferencial[kg]: 17200
```

Fuente: Bolívar Andrade

La selección del diferencial en base a los datos ingresados se sugiere como máximo una relación de transmisión de 7.30, en base a las especificaciones técnicas seleccionamos el eje motriz o diferencial para tipo urbano 5.86.

La carga sugerida para el diferencial es en base al PBV en este caso se mantiene.

Finalmente después de realizar el análisis de cada uno de los componentes que conforma el tren motriz, nos indica los parámetros calculados en la Figura 2.9.

Figura 2.9 Parámetros calculados tren motriz I W 17-210

```
Command Window

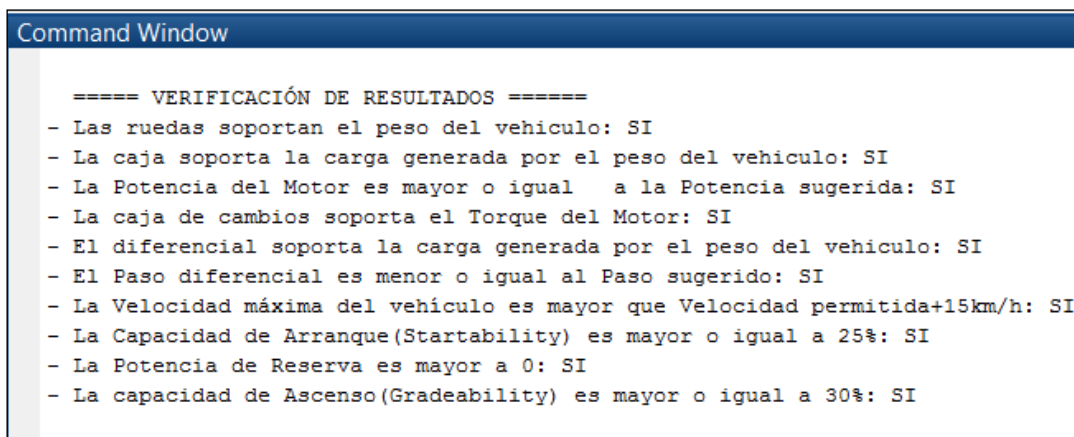
----- PARÁMETROS CALCULADOS -----
-Velocidad Máxima: 84.6104[km/h]
*Capacidad de arranque: 30.1736[%]
*Capacidad de arranque: 30.1736[%]
-Potencia para vencer la resistencia al rodamiento: 2.3538[kw]
-Factor de Altitud: 0.80137
-Potencia para vencer la resistencia aerodinámica: 0.017689[Kw]
-Potencia para vencer la resistencia por inercia: 15.422[Kw]
-Potencia de reserva: 105.9448[Kw]
*Capacidad de Ascenso es 35.7987[%]
```

Fuente: Bolívar Andrade

Los datos más importantes a considerar en la selección del tren motriz, son los que se encuentran marcados con asterisco, el cual define la capacidad de arranque en pendiente y la capacidad de ascenso, con los datos obtenidos podemos verificar que efectivamente el vehículo tiene la capacidad para partir del reposo con una capacidad de arranque del 30 %, en las especificaciones técnicas del vehículo nos indica una pendiente del 29%, de igual manera la capacidad de ascenso del vehículo cuando este se encuentra en marcha.

Considerado los parámetros calculados se procede a la validación de los mismos como se indica en la Figura 2.10.

Figura 2.10 Verificación resultados tren motriz W 17-210

A screenshot of a software window titled "Command Window" with a blue header bar. The window contains a list of verification results in Spanish, each preceded by a minus sign. The text is as follows:

```
===== VERIFICACIÓN DE RESULTADOS =====  
- Las ruedas soportan el peso del vehiculo: SI  
- La caja soporta la carga generada por el peso del vehiculo: SI  
- La Potencia del Motor es mayor o igual a la Potencia sugerida: SI  
- La caja de cambios soporta el Torque del Motor: SI  
- El diferencial soporta la carga generada por el peso del vehiculo: SI  
- El Paso diferencial es menor o igual al Paso sugerido: SI  
- La Velocidad máxima del vehículo es mayor que Velocidad permitida+15km/h: SI  
- La Capacidad de Arranque(Startability) es mayor o igual a 25%: SI  
- La Potencia de Reserva es mayor a 0: SI  
- La capacidad de Ascenso(Gradeability) es mayor o igual a 30%: SI
```

Fuente: Bolívar Andrade

La verificación de resultados cumple con la selección de componentes del tren motriz, para ello analizado dichos resultados, el programa da la opción de continuar el análisis o retornar ya sea para la verificación de datos ingresados. Continuando con el análisis, el programa nos da opción de ingresar parámetros para realizar las respectivas gráficas, normalmente las gráficas que proporciona el fabricante con respecto a curvas de potencia, torque y consumo, vienen dadas a partir de las 1000 RPM, los datos ingresados con respecto a RPM final de potencia máxima viene dada por el fabricante.

Figura 2.11 Parámetros para graficas de potencia-torque-consumo

```
Command Window

Desea seguir el análisis del tren?(y/n): y

Ingrese el intervalo de RPMs para la grafica(múltiplos de 100)
La RPM inicial(sugerido 800 RPM): 1000
La RPM final(sugerido RPM Pot max): 2600
El intervalo de RPM(sugerido 100 RPM): 200
```

Fuente: Bolívar Andrade

Continuando el análisis, para poder determinar las curvas de velocidades, el programa solicita el ingreso de las relaciones de marcha de las velocidades que posee la caja de cambios, en el caso analizado, el Volkswagen posee una caja de 6 marchas, donde los valores ingresados son los proporcionados por el fabricante, como se indica en el Figura 2.12

Figura 2.12 Relaciones de marcha de la caja de cambios Eaton FS-5106A (W 17-210)

```
Ingrese los datos de la CAJA DE CAMBIOS
Relación de 2da marcha: 5.27
Relación de 3ra marcha: 3.22
Relación de 4ta marcha: 2.04
Relación de 5ta marcha: 1.36
Relación de 6ta marcha: 1.00
Relación de 7ma marcha: 0
Relación de 8va marcha: 0
```

Fuente: Bolívar Andrade

El programa luego del ingreso de datos referente a relaciones de marcha, solicita los datos necesarios para poder realizar la gráfica correspondiente a torque o par motor, en este caso el intervalo sugerido anteriormente fue 200.

Figura 2.13 Valores de par motor a determinadas RPM (W 17-210)

Ingrese el Valor del Par del MOTOR [N.m] (según catálogo fabricante)	
Par motor para 1000 rpm:	490
Par motor para 1200 rpm:	559
Par motor para 1400 rpm:	628
Par motor para 1600 rpm:	667
Par motor para 1800 rpm:	706
Par motor para 2000 rpm:	686
Par motor para 2200 rpm:	677
Par motor para 2400 rpm:	647
Par motor para 2600 rpm:	598

Fuente: Bolívar Andrade

Luego de ingresar los datos correspondientes, se solicita el ingreso de valores de potencia a determinadas RPM, como fue sugerido (intervalo de 200), La Figura 2.14 nos indica los valores de potencia que vienen determinado en las curvas que proporciona el fabricante.

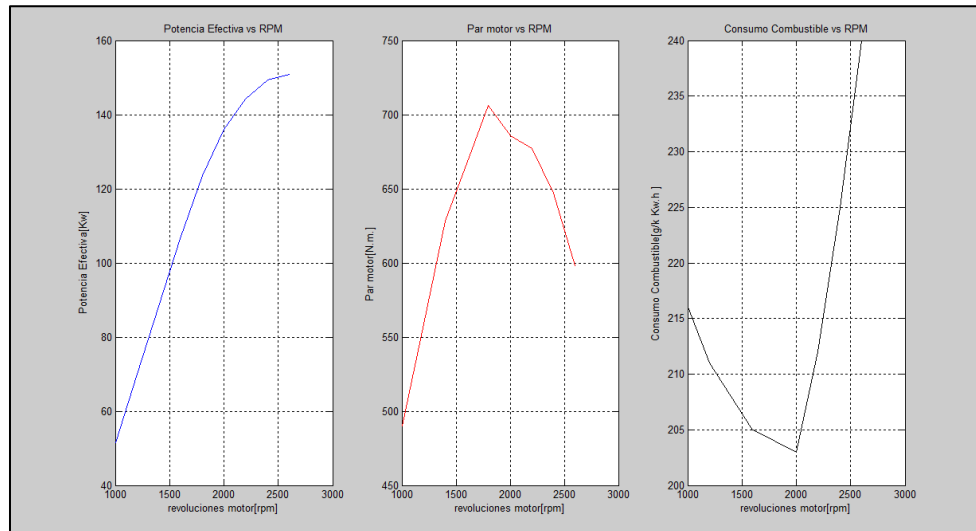
Figura 2.14 Valores de potencia a determinadas RPM (W 17-210)

Ingrese el Valor del Potencia del MOTOR [Kw] (según catálogo fabricante)	
Potencia efectiva para 1000 rpm:	51.5
Potencia efectiva para 1200 rpm:	69.9
Potencia efectiva para 1400 rpm:	88.2
Potencia efectiva para 1600 rpm:	106.6
Potencia efectiva para 1800 rpm:	123.5
Potencia efectiva para 2000 rpm:	136.0
Potencia efectiva para 2200 rpm:	144.1
Potencia efectiva para 2400 rpm:	149.3
Potencia efectiva para 2600 rpm:	150.8

Fuente: Bolívar Andrade

Ingresado todos los valores correspondientes, el programa despliega las curvas de potencia, torque y consumo en función de las RPM.

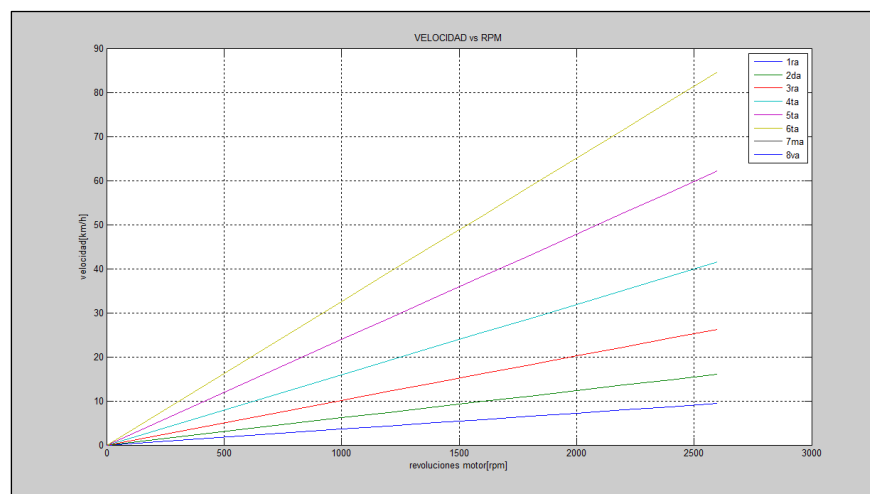
Figura 2.15 Gráfica de curvas potencia – torque – consumo vs. rpm (W 17-210)



Elaborado por: Bolívar Andrade

Como podemos ver, las Figuras correspondientes a curvas de potencia, torque y consumo, las cuales corresponden a las proporcionadas por el fabricante, cabe señalar que las unidades de medida que se encuentran en las gráficas, corresponden al sistema internacional, como se indica el menor consumo de carburante se obtiene a las 2000 rpm del motor.

Figura 2.16 Gráfica velocidades vs. rpm del motor (W 17-210)



Elaborado por: Bolívar Andrade

En la Figura 2.16, como el tipo de relación de transmisión del diferencial que fue seleccionado, la velocidad máxima en pendiente 0 es de 84 Km/h, a 2600 RPM del

motor en su última marcha (6ta), lo que nos indica que este tipo de bus está acorde al tipo de servicio requerido, en este caso urbano.

CAPÍTULO III:

3. PRUEBA EN CAMPO DE LA METODOLOGÍA PROPUESTA EN EL TRANSPORTE COLECTIVO DEL CANTÓN IBARRA

Para el análisis de los componentes del tren motriz y verificar su comportamiento vamos a realizar el estudio del transporte colectivo de la Ciudad de Ibarra, donde los buses que prestan servicio al transporte urbano no cuentan con una metodología para poder determinar si están acorde al tipo de servicio que están prestando, para lo cual el enfoque a realizar va ser a una determinada cooperativa, identificando el tipo de unidad que poseen y conociendo si cumple los requerimientos solicitados en función de la ruta de operación.

3.1 PROBLEMÁTICA DEL TRANSPORTE COLECTIVO EN LA CUIDAD DE IBARRA

(Silva, 2015) Indica lo siguiente:

En la ciudad de Ibarra, reside una población numerosa, por ello es necesario y fundamental la atención de todos los servicios, en este caso el transporte público. En el cantón actualmente se dispone del servicio de 2 cooperativas para el transporte de pasajeros, como es la 28 de Septiembre y San Miguel de Ibarra, las cuales prestan el servicio a toda la población de la ciudad y sus 6 parroquias urbanas; las unidades de las Cooperativas mencionadas ya operan varios años en el cantón y presentan deficiencia al no ser ya renovadas, una de las causas principales es que todavía se utiliza buses carrozados o carrocería de bus sobre chasis de camión, el cual al ser un medio de transporte de carga da más fuerza y velocidad, generando más consumo menos confort.

3.1.1 Número de unidades por marca de circulación Cooperativa 28 de Septiembre

Para realizar el análisis de los componentes del tren motriz, es necesario identificar las unidades que operan en dichas cooperativas, para ello se identificar las marcas de buses que circulan en la cantón de Ibarra, para el análisis se puede

ver en la Tabla 3.1. Los buses de la cooperativa 28 de septiembre en su mayoría corresponden a la marca Chevrolet (Isuzu) con un 75%, seguido de un 17 % la marca Hino, siendo las marcas más representativas en esta cooperativa donde los modelos que figuran con mayor predominio son el FTR de Isuzu, el FG.

Tabla 3.1 Marca vehículos Cooperativa . 28 de septiembre

Cooperativa 28 de Septiembre		
Marca	# de Unidades	%
Isuzu (Chevrolet)	120	75
Hino	27	16,9
Volkswagen	4	2,5
Hyundai	2	1,3
Mercedes Benz	6	3,8
Man	1	0,6
Total Unidades	160	100

*Fuente: (Silva, 2015)
Elaborado por: Bolívar Andrade*

3.1.2 Número de unidades por marca de circulación Cooperativa San Miguel de Ibarra

Realizando el análisis de las marcas de buses podemos ver en la Tabla 3.2, “Los buses de la cooperativa San Miguel de Ibarra, en su mayor porcentaje son también de la marca Chevrolet (ISUZU) con un 54.28 % y un 17.9 % a la marca Hino siendo las más representativas, los modelos que figuran con mayor predominio son el FTR de ISUZU y el FG.” (Silva, 2015)

Tabla 3.2 Marca vehículos Cooperativa San Miguel de Ibarra

Cooperativa San Miguel de Ibarra		
Marca	# de Unidades	%
Isuzu (Chevrolet)	76	54,28
Hino	25	17,9
Volkswagen	15	10,7
Hyundai	2	1,4
Mercedes Benz	4	2,9
Man	1	4,3
Volvo	6	0,7
Ikarus	2	1,4
Dimex	2	1,4
Ford	2	1,4
King Long	1	0,7
Asia	1	0,7
Jiangte	2	1,4
Encava	1	0,7
Total de Unidades	140	100

Fuente: (Silva, 2015)

Elaborado por: Bolívar Andrade

Como se indica los modelos podemos ver que son unidades que ya tienen años de operación, son modelos que actualmente no están en el mercado a excepción

del Hino AK que es la versión actual del Hino FG, un dato curioso de este tipo de buses es el modelo FTR de Isuzu, que prácticamente es un camión o un chasis de camión, adaptado o carrozado a bus. Los modelos indicados en su mayoría corresponden al año 2002 tanto para las dos cooperativas que existen en el cantón.

Para la revisión y análisis de los componentes del tren motriz, se va tomar como ejemplo una de las cooperativas y una ruta específica, con el fin de identificar el comportamiento del tren motriz.

3.2 ANÁLISIS DE BUSES DE LA COOPERATIVA 28 DE SEPTIEMBRE DEL CANTÓN IBARRA

Para realizar el análisis correspondiente del tren motriz de las unidades que circulan en la cooperativa 28 de septiembre, se tomará como referencia los buses con mayor predominio como son: FTR Isuzu y el FG de Hino. Con los cuales se considerará la ruta por la que circulan para determinar si el modelo de bus se encuentra acorde a lo requerido para su recorrido.

3.2.1 Rutas de circulación de unidades Cooperativa 28 de Septiembre

“La cooperativa 28 de septiembre cuenta con la mayor cobertura de rutas en el cantón Ibarra, en la cual cubre catorce líneas de servicio diario para transporte de pasajeros, indicando las siguientes”:

- a) Azaya - La Campiña
- b) San Antonio - Azaya
- c) Chorlavi - La Victoria
- d) Milagro - Yahuarcocha
- e) Aduana - Caranqui
- f) Católica - Alpachaca
- g) Tanguarín - Aduana
- h) Santa Rosa - Alpachaca
- i) Palmas - Los Ceibos

- j) Yahuachi - Camal
- k) San Cristobal - Arcángel
- l) Pugacho - Camal
- m) Bellavista - El Cármen
- n) Naranjito

Para el análisis a realizar referente al tren motriz de las unidades que disponen, vamos a considerar una ruta en particular, ya sea esta por su tipo de pendiente y trayecto a realizar, para ello se ha considerado la ruta “San Cristóbal – Arcángel” de la Cooperativa 28 de Septiembre, donde las unidades que circulan por este recorrido son un total de 5, teniendo con mayor predominio el FTR Isuzu, se debe tomar en cuenta que los buses de la cooperativa 28 de septiembre alternan sus rutas cubriendo todas las líneas mencionadas.

3.2.2 Ruta de circulación San Cristóbal – Arcángel cooperativa 28 de septiembre

La línea de circulación San Cristóbal – Arcángel, su trayecto está comprendida por un total de aproximadamente 15 km, el cual su ruta está conformada por 33 % de camino montañoso de segundo orden. La altitud sobre el nivel del mar está comprendida desde los 2320 metros como punto de partida, descendiendo a los 2172 metros y ascendiendo nuevamente a los 2661 metros punto final de la ruta.

Figura 3.1 Isuzu FTR ruta San Cristóbal – Arcángel



Fuente: Bolívar Andrade

Para el conocimiento de su circulación, el punto de partida de este circuito empieza descendiendo por uno de los caminos de segundo orden que existen en la parte rural norte de la ciudad de Ibarra llamado Olivo Alto hasta la Universidad Técnica del Norte, atraviesa bordeando toda la zona urbana central como: Mercado Mayorista, Azaya, Av. Fray Vacas Galindo, Terminal Terrestre y Av. Teodoro Gómez, empieza su ascenso desde la Av. Atahualpa atraviesa el sector de Caranquí para así llegar hasta a la parte rural sur de la Ciudad llamado San Cristóbal Alto donde finaliza la ruta. El trayecto total de la ruta es de 2 horas con paradas destinadas a lo largo del trayecto, los buses que circulan diariamente son un total de 5 en frecuencia de 21 minutos. Para determinar las pendientes críticas se realizó el recorrido de la ruta por la que circulan las unidades, para ello se tomaron datos de altura y distancia en intervalos de 100 metros, como se indica en la Tabla 3.3.

Tabla 3.3 Pendientes registradas en la Ruta San Cristóbal – Arcángel

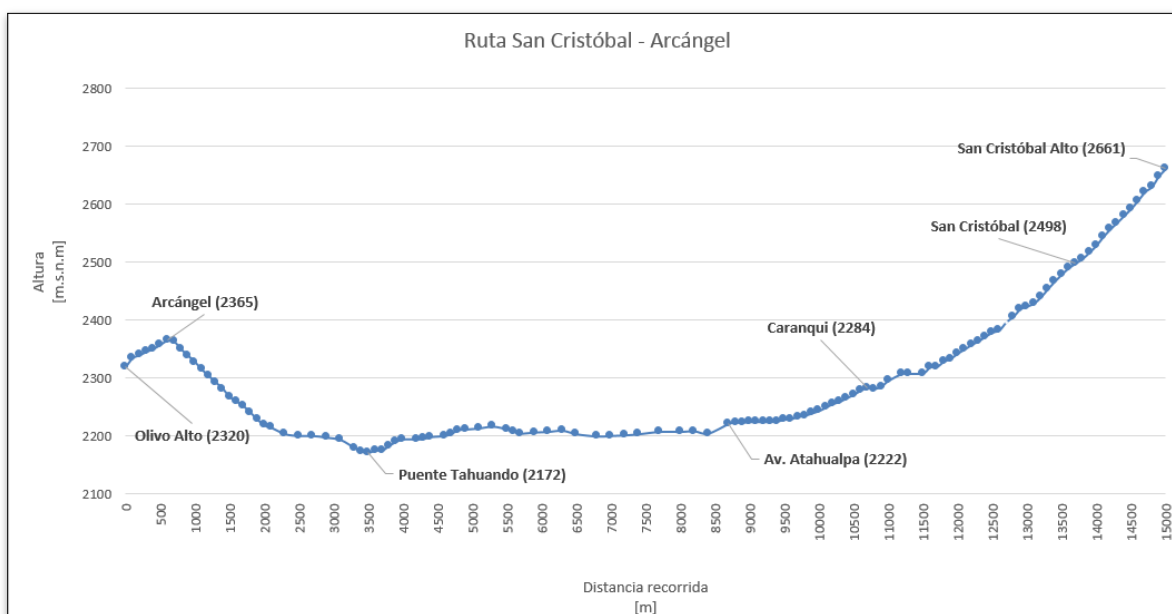
PENDIENTES SAN CRISTÓBAL ARCÁNGEL			PENDIENTES SAN CRISTÓBAL ARCÁNGEL			PENDIENTES SAN CRISTÓBAL ARCÁNGEL		
msnm	DISTANCIA (m)	% m	msnm	DISTANCIA (m)	% m	msnm	DISTANCIA (m)	% m
2320	0		2212	4900	1.00%	2296	11000	10.05%
2335	100	15.17%	2214	5100	1.00%	2308	11200	6.01%
2340	200	5.01%	2217	5300	1.50%	2308	11300	0.00%
2346	300	6.01%	2212	5500	-2.50%	2309	11500	0.50%
2351	400	5.01%	2208	5600	-4.00%	2319	11600	10.05%
2358	500	7.02%	2205	5700	-3.00%	2320	11700	1.00%
2365	600	7.02%	2207	5900	1.00%	2329	11800	9.04%
2363	700	-2.00%	2208	6100	0.50%	2334	11900	5.01%
2350	800	-13.11%	2210	6300	1.00%	2343	12000	9.04%
2339	900	-11.07%	2204	6500	-3.00%	2350	12100	7.02%
2328	1000	-11.07%	2200	6800	-1.33%	2358	12200	8.03%
2315	1100	-13.11%	2201	7000	0.50%	2364	12300	6.01%
2304	1200	-11.07%	2202	7200	0.50%	2372	12400	8.03%
2293	1300	-11.07%	2204	7400	1.00%	2379	12500	7.02%
2282	1400	-11.07%	2208	7700	1.33%	2383	12600	4.00%
2268	1500	-14.14%	2208	8000	0.00%	2397	12700	14.14%
2260	1600	-8.03%	2209	8200	0.50%	2406	12800	9.04%
2252	1700	-8.03%	2205	8400	-2.00%	2419	12900	13.11%
2241	1800	-11.07%	2222	8700	5.68%	2424	13000	5.01%
2229	1900	-12.09%	2224	8800	2.00%	2429	13100	5.01%
2219	2000	-10.05%	2224	8900	0.00%	2440	13200	11.07%
2215	2100	-4.00%	2225	9000	1.00%	2454	13300	14.14%
2204	2300	-5.51%	2225	9100	0.00%	2467	13400	13.11%
2201	2500	-1.50%	2225	9200	0.00%	2479	13500	12.09%
2201	2700	0.00%	2225	9300	0.00%	2490	13600	11.07%
2198	2900	-1.50%	2226	9400	1.00%	2498	13700	8.03%
2194	3100	-2.00%	2229	9500	3.00%	2506	13800	8.03%
2180	3300	-7.02%	2230	9600	1.00%	2517	13900	11.07%
2174	3400	-6.01%	2234	9700	4.00%	2529	14000	12.09%
2172	3500	-2.00%	2236	9800	2.00%	2544	14100	15.17%
2176	3600	4.00%	2240	9900	4.00%	2557	14200	13.11%
2176	3700	0.00%	2244	10000	4.00%	2568	14300	11.07%

2184	3800	8.03%	2250	10100	6.01%	2580	14400	12.09%
2191	3900	7.02%	2256	10200	6.01%	2592	14500	12.09%
2195	4000	4.00%	2260	10300	4.00%	2606	14600	14.14%
2195	4200	0.00%	2266	10400	6.01%	2621	14700	15.17%
2196	4300	1.00%	2272	10500	6.01%	2630	14800	9.04%
2199	4400	3.00%	2279	10600	7.02%	2648	14900	18.30%
2201	4600	1.00%	2284	10700	5.01%	2661	15000	13.11%
2205	4700	4.00%	2282	10800	-2.00%	Xxx	xxx	Xxx
2211	4800	6.01%	2286	10900	4.00%	Xxx	xxx	Xxx

Elaborado por: Bolívar Andrade

Como indica la tabla, la pendiente más crítica en la ruta descrita es de 18.30% que corresponde al Sector de San Cristóbal Alto, con los puntos referenciales tomados se realizó una gráfica de Altura vs. Distancia, indicando los sectores más altos y más bajos a lo largo de la ruta, como indica la Figura 3.2.

Figura 3.2 Altura vs. Distancia de Ruta San Cristóbal – Arcángel



Elaborado por: Bolívar Andrade

Con los datos referenciales de la ruta descrita, se va realizar el análisis de los componentes del tren motriz de la unidad con mayor predominio como se citó anteriormente.

3.2.3 Análisis de datos obtenidos de tren motriz bus Isuzu FTR

En la Tabla 3.4 se presenta el reporte o las especificaciones técnicas necesarias para aplicar y poder analizar el método descrito para selección del tren motriz, para lo cual se extrajo la información de la ficha técnica del catálogo FTR 32M.

Tabla 3.4 Ficha Técnica componentes tren motriz Isuzu FTR 32M

Tipo de unidad								
Tipo unidad	Nomenclatura	Nro. Llantas	PBV (kg)					
Camión	FTR 32M	6	14200					
Motor								
Marca	Modelo	Pontencia (kw) @ RPM	Torque (Nm) @ RPM	Consumo @ RPM				
ISUZU	6HE1 TC	169 - 2500	667 - 1500	ND				
Transmisión								
Marca	Modelo	Torque (Nm)	Carga Máxima (kg)	Nro. Velocidades				
ISUZU	MLD6Q	667 - 1500	ND	6				
Relaciones de marcha								
		1era	2da	3era	4ta	5ta	6ta	Reversa
		6.720	4.244	2.580	1.540	1.0	0.763	6.823
Diferencial								
Marca	Modelo	Carga Máxima (kg)	Relación de paso					
ND	ND	9200	6.143:1					
Neumáticos								
Marca	Modelo	Medida	Capacidad de carga (kg)					
ND	ND	9.00x20-14PR 230/70R20	2575					

*Fuente: Especificaciones técnicas ISUZU FTR 32M
Elaborado por: Bolívar Andrade*

Para el análisis del tren motriz, vamos a considerar la pendiente máxima de la ruta, para determinar si la unidad tiene la capacidad de ascender y arrancar en pendiente máxima, los resultados obtenidos según las especificaciones técnicas de la Tabla 3.4. Isuzu FTR M32, son indicados en la Tabla 3.5.

Tabla 3.5 Parámetro calculado Isuzu FTR 32M

PARÁMETRO CALCULADO Motor 6HE1 TC	UNIDADES	VALOR
Velocidad Máxima	[km/h]	83.66
Capacidad de arranque	[%]	35.56
Potencia para vencer la resistencia al rodamiento	[KW]	1.74

Factor de Altitud	-	0.786
Potencia para vencer la resistencia aerodinámica	[KW]	0.012
Potencia para vencer la resistencia por inercia	[KW]	11.92
Potencia de reserva	[KW]	121.39
Capacidad de ascenso	[%]	55.09

Elaborado por: Bolívar Andrade

Como se mencionó anteriormente, el dato principal es determinar el tipo de pendiente, como se puede ver en la Tabla 8. Se cumple con las condiciones propuestas, ya que la capacidad de ascenso es de 55% y capacidad de arranque en pendiente es de 35.5%. La norma INEN 2 205:2010, nos indica que la capacidad mínima de arranque debe ser del 25%.

La Tabla 3.6. Nos indica que se cumple con las condiciones adicionales realizadas en el análisis del tren motriz.

Tabla 3.6 Resultado final de análisis del Isuzu FTR 32M

VERIFICACIÓN RESULTADO	CUMPLE
Las ruedas soportan el peso del vehículo	SI
La caja soporta la carga generada por el peso del vehículo	SI
La potencia del motor es mayor igual a la sugerida	SI
La caja de cambios soporta el torque del motor	SI
El diferencial soporta la carga generada por el peso del vehículo	SI
El paso del diferencial es menor o igual al paso sugerido	SI
La capacidad de arranque es mayor o igual a 20%	SI
La capacidad de ascenso es mayor o igual a 25%	SI

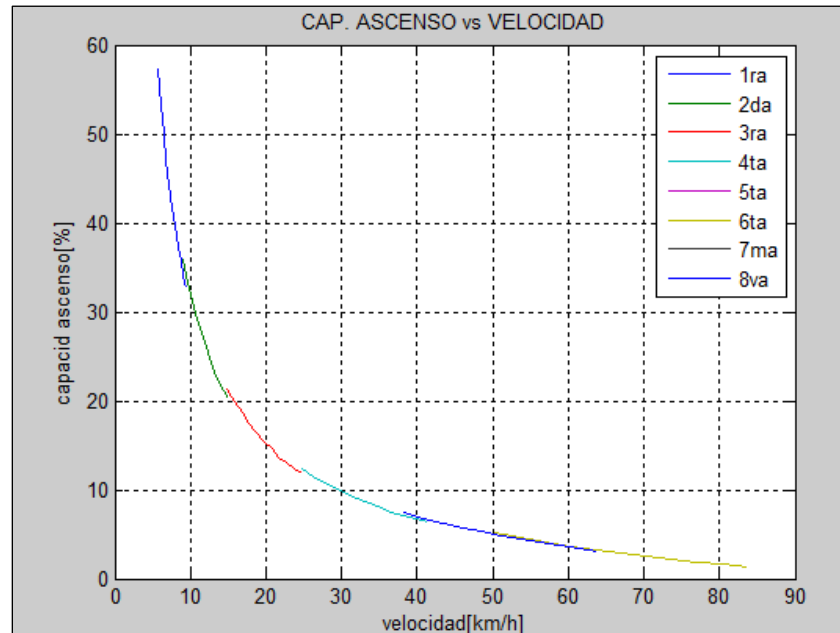
Elaborado por: Bolívar Andrade

Para el análisis de curvas, vamos a considerar las de mayor importancia.

Como indica la Figura 3.3. La pendiente conforme incrementa, la velocidad disminuye, y el torque aumenta, en el gráfico se observa que la Gradeability máxima es del 55% y la Startability es de 32%, la unidad o bus puede alcanzar una velocidad final de 6 km/h de ascenso en pendiente del 55%. Para la ruta que

se está analizando, en pendiente máxima de 18 %, la unidad puede operar en segunda y tercera marcha a una velocidad de 17 km/h.

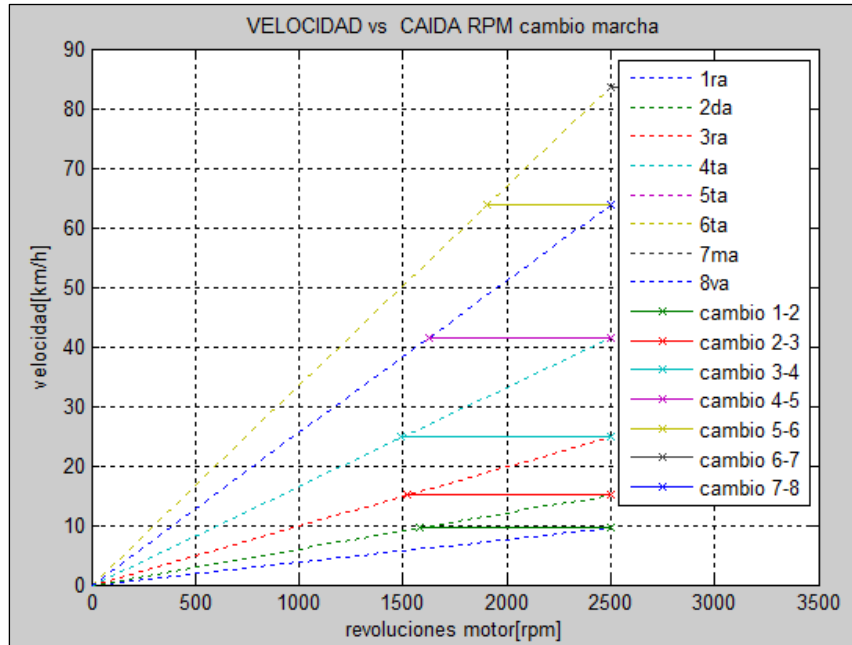
Figura 3.3 Diagrama de capacidad de ascenso para el vehículo con un tren motriz de: motor Isuzu 6HE1-TC; transmisión MLD6Q; diferencial paso 6.143; y llantas 230/70R20



Elaborado por: Bolívar Andrade

Debido a la relación de transmisión que se efectúa mediante el cambio de marchas, como se puede observar en la Figura 3.4. La velocidad se mantiene constante al efectuar el cambio, pero las revoluciones del motor disminuyen. La velocidad final máxima a PVB que puede alcanzar la unidad considerando una pendiente 0, es de 84 km/h, las caídas de revoluciones del motor van disminuyendo conforme aumenta la velocidad, esto se debe a la relación de transmisión de las marchas, como se indicó anteriormente la velocidad reglamentaria para transporte urbano es de 40 a 50 Km/h, se considera un factor de + 15 para rebasamiento, como se puede ver en la figura velocidad está por encima de la reglamentaria.

Figura 3.4 Diagrama de velocidades vs. Rpm

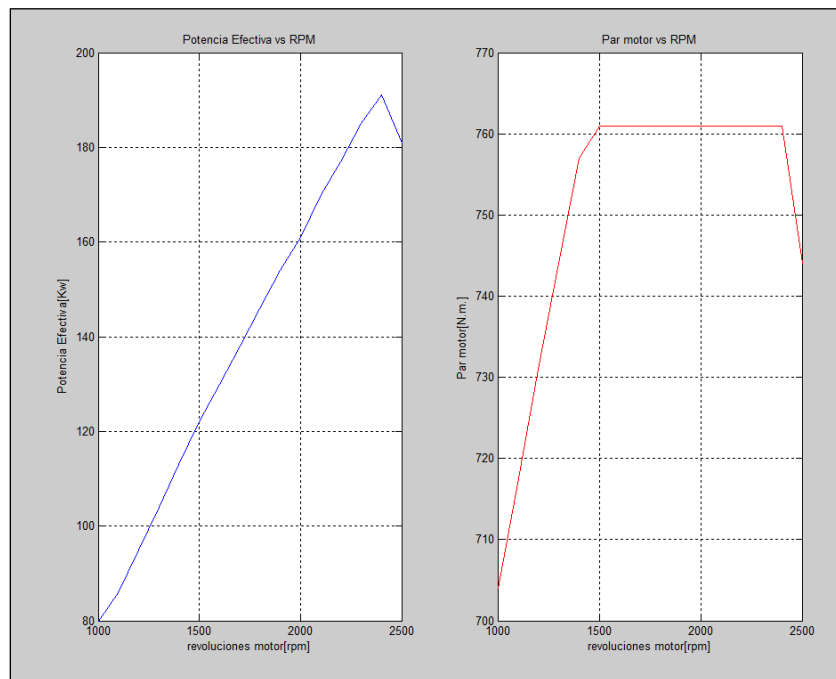


Elaborado por: Bolívar Andrade

Las curvas generadas con respecto al par motor, potencia y consumo, vienen dadas por el fabricante, para este tipo de motor no se considera el análisis, debido a que el catálogo de especificaciones técnicas del Isuzu FTR32M no dispone, por consiguiente no se puede determinar el régimen específico de consumo mínimo a determinadas RPM del motor.

La Figura 3.5 Correspondiente al FTR 900, para el caso del FTR 32M La máxima tenemos los datos de potencia neta entregada por el motor es 169 kW a 2500 RPM y el torque es de 667 Nm a 1500 RPM.

Figura 3.5 Curva Potencia – Par motor FTR 900



Elaborado por: Bolívar Andrade

La configuración del tren motriz del Isuzu FTR M32 cumple sin problema alguno las necesidades que se requiere para la ruta descrita, tomemos en cuenta que el paso del diferencial y paso de la transmisión, tiene una relación elevada para dar mayor torque lo que quiere decir; que este tipo de unidad es para trabajar en pendientes de tipo moderado, como indica la Tabla 3.5. La capacidad de arranque en pendiente está por encima de la pendiente máxima de la Ruta San Cristóbal – Arcángel.

Analizando los casos de la mayoría de buses o camiones, la información necesaria para poder analizar el tren motriz es insuficiente, hay que tomar en cuenta que se debe contar con especificaciones primordiales ya que en este tipo de unidades, podemos tener un motor del mismo modelo y característica, pero a diferentes régimen de potencia, torque, ya que viene dado por las características de relaciones de trasmisión de caja, diferencial, para ello se propone una tabla con

especificaciones fundamentales, que debe contar la ficha técnica del fabricante, la cual es la siguiente:

Tabla 3.7 Especificaciones técnicas principales a considerar en el catalogo de fabricante de camiones y buses para el ecuador

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
MOTOR	RUEDAS NEUMÁTICOS
Marca y modelo	Especificación Neumático
Nro. Cilindros / cilindrada (cm3)	
Relación de compresión	FRENOS
Potencia neta máx (kW) @ rpm#	Marca
Par motor neto máx (Nm) @ rpm#	Tipo
Sistema de inyección	Freno motor
Curvas Potencia/Par motor/ consumo	
TRANSMISIÓN	SISTEMA ELÉCTRICO
Caja de cambios - marca y modelo	Tensión baterías
Par torsional de la caja	Batería
Nro. Marchas	
Relaciones de transmisión de c/u	
Tracción	
Capacidad de carga	
EMBRAGUE	VOLÚMENES ABASTECIMIENTO (LTRS)
Tipo	Tanque motor
Modelo	Cárter
Diámetro disco	Caja de cambios
	Eje trasero
EJE DELANTERO	Dirección
Tipo	
Marca y modelo	
EJE TRASERO MOTRIZ	DIMENSIONES (mm)
Tipo	Largo total
Marca y modelo	Ancho máximo
Relación de transmisión	Esquema con cotas
Capacidad de carga diferencial	

SUSPENSIÓN DELANTERA/TRASERA	PESO (kg)
Tipo	PBV
Muelles	
Amortiguadores	
Barra estabilizadora	
DIRECCIÓN	DESEMPEÑO (Cálculo Teórico)
Tipo	Velocidad máxima (km/h)
Marca y modelo	Capacidad ascenso en PBV (%)
	Capacidad de arranque en PBV (%)
CHASIS	
Tipo (certificación bus o camión)	
Material	

Elaborado por: Bolívar Andrade

CAPÍTULO IV:

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

4.1 CONCLUSIONES

- Se ha elaborado un programa para el análisis de los componentes del tren motriz, permitiendo de acuerdo a las especificaciones del fabricante, analizar y determinar los parámetros de funcionamiento en conjunto y en base al resultado obtenido, determinar si la unidad es apta para una determinada ruta.
- En el Ecuador la información de las especificaciones técnicas de los autobuses que otorgan los Concesionarios Automotrices son demasiado generales, y no permiten realizar un análisis profundo y especializado del comportamiento y las prestaciones que tendrá el vehículo en un determinado terreno.
- Las Empresas de transporte público actualmente realizan la compra de sus autobuses, solo tomando en cuenta el criterio de seleccionar un motor de alta Potencia que les permita alcanzar altas velocidades de circulación, ignorando otras especificaciones técnicas muy importantes como son consumo de combustible, y geometría del chasis
- La utilización de Matlab en el desarrollo del software para el análisis del tren de potencia de vehículos de transporte público fue una buena elección, pues permite el manejo de variables en forma de vectores y matrices, disminuyendo notablemente la creación del número de variables en el programa; además Matlab permite generar excelentes gráficas con características personalizadas y un entorno muy amigable para su edición.

- La correcta selección del tren motriz de un autobús permite optimizar el consumo energético de combustible, ayuda a disminuir la emisión de gases contaminantes a la atmósfera, limita la velocidad máxima de circulación de los vehículos, y mejora la rentabilidad de los inversionistas del transporte.
- La mayoría de buses que prestan en servicio a la Cooperativa 28 de septiembre son del modelo FTR 32M, que corresponde a un camión, por tal razón las relaciones de paso son para prestaciones de mayor torque, y al ser vehículos para carga se tiene mayor consumo de carburante, hay que tomar en cuenta que estos tipos de chasis son para carga por lo que son más rígidos, por lo que disminuye la ergonomía para la conducción.
- La información referente a tipos de pendientes en las rutas que circulan las unidades de la Cooperativa 28 de Septiembre fue tomada con un altímetro ya que la Cooperativa no dispone de esta información, solamente disponen de la distancia y ruta de recorrido.
- No se puede realizar una selección de chasis, ni de componentes específicos del tren motriz, debido a costos que generaría armar los componentes de acuerdo a las necesidades o requerimientos solicitados, las casas comerciales ya traen un determinado estándar de bus que se adapta al tipo de terreno.

4.2 RECOMENDACIONES

- El Estado Ecuatoriano mediante la Agencia Nacional de Tránsito debería emitir normativas que exijan a los Concesionarios automotrices, especialmente haciendo referencia a los vehículos destinados para transporte de carga y pasajeros, hacer de dominio público la información de las especificaciones técnicas completas, de los automotores que se comercializan en el país.
- El uso de la metodología propuesta en el presente trabajo de investigación no es suficiente como medida para el uso eficiente de energía, se recomienda además tomar otras medidas tales como planes de mantenimiento periódico de los automotores y dictar charlas de manejo eficiente a los conductores, ya que este factor es fundamental para el rendimiento del vehículo y minorar costos de mantenimiento.
- En el país se debería crear una Instituto que cuente con el equipamiento tecnológico necesario para el análisis del performance de los autobuses, principalmente un dinamómetro para la obtención de curvas de potencia, torque y consumo de combustible reales, además de un túnel de viento para el estudio del diseño de las carrocerías, ya que de ello depende el comportamiento de la unidad, hay que tomar en cuenta que los valores de potencia y torque que entrega el fabricante en las especificaciones, son datos teóricos considerados a nivel del mar.
- Al momento de adquirir un autobús para transporte público, se debería seleccionar la marca del vehículo no solo por las especificaciones de potencia su motor, se recomienda que en base a las características del terreno donde trabajará el automotor se elija una caja de cambios y un diferencial que permitan circular a una velocidad moderada en superficies

planas e inclinadas, pero principalmente con un consumo eficiente de combustible para disminuir la afectación al medio ambiente.

BIBLIOGRAFIA

Documentos:

- Constitución de la República Del Ecuador 2008, Registro Oficial 449, 20 de Octubre del 2008.
- Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial, Registro Oficial Suplemento 398 de 07-ago-2008, última modificación: 29-mar-2011.
- Reglamento de Ley de Transporte Terrestre Tránsito y Seguridad Vial, Decreto Ejecutivo 1196, Registro Oficial Suplemento 731 de 25-jun-2012.
- Ley de prevención y control de la contaminación ambiental, Registro Oficial Suplemento 418, 10 de Septiembre del 2004.
- Código Orgánico de la producción, comercio e inversiones, Registro Oficial Suplemento # 351,: 29-12-2010.
- Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 205:2010, Vehículos Automotores Requisitos , Quito 2010.
- Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 960, Vehículos Automotores determinación potencia neta del motor, Quito 2010.
- Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN - ISO 612:99, Vehículos automotores, Dimensiones de vehículos automotores y vehículos remolcados. , Quito 2010
- NTE INEN - ISO 3833:2008, Vehículos automotores, Tipos, términos y definiciones, Quito 2008.
- Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2205:1999, Vehículos automotores. Bus urbano. Requisitos, Quito 1999.
- Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1 323:2009, Vehículos automotores Carrocería de Buses Requisitos, Quito 2009.
- La selección del tren motriz basada en la eficiencia energética para vehículos de servicio pesado, Mercedes Yolanda Rafael Morales, México, Marzo 2004.
- Manual de Conducción eficiente de vehículos industriales, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, Madrid, Noviembre de 2005.

- Interactive system to calculate and select the drive train for public transport units (SISUT), J. C. Serres A*, Venezuela, Marzo 2001.

Bibliografía

Calaméo. (s.f.). Obtenido de <http://es.calameo.com/books/>

Coronel Daquilema , P. E. (2010). Incidencia de un Chasis de Carga en el Transporte Masivo de Pasajeros, propuesta de normalización. Cuenca, Azuay, Ecuador.

COSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR . (2008). LEXIS.

INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN. (2010). *INEN 2 205:2010*. Quito, Pichincha, Ecuador.

LEXIS, S.A. (2004). *LEY DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL*. Silec.

LEY ORGÁNICA DE TRANSPORTE TERRESTRE, TRÁNSITO Y SEGURIDAD VIAL. (2012).

Manual de Conducción Eficiente . (2006). En IDAE, *Manual de Conducción Eficiente* (pág. 39). Sevilla : IDAE.

Manual de conducción eficiente para conductores de vehículos industriales . (2005). En E. J. Larrea, *Manual de conducción eficiente* (pág. 80). Madrid : IDAE.

Meganeboy, D. (2014). *Aficionados a la Mecánica*. Obtenido de <http://www.aficionadosalamecanica.net/caja-cambios.htm>

REGLAMENTO A LEY DE TRANSPORTE TERRESTRE TRANSITO Y SEGURIDAD VIAL. (2012).

- Samaniego Castro, R. E., & Silva Ortiz, Á. V. (2009). ANÁLISIS DE FUERZAS DEL TREN MOTRIZ EN VEHÍCULOS PESADOS. Riobamba, Chimborazo, Ecuador.
- Sierra, C. F. (2001). *Seguridad en la conducción de los Vehículos: Conocimiento del neumático*. Obtenido de http://www.dip-badajoz.es/ciudadanos/prl/documentos/cod_vel_neumaticos.pdf
- Silva, S. (2015). Manual de Normas y Parámetros para la Revisión Técnico - Mecánica de los Buses del Cantón Ibarra. Ibarra, Imbabura, Ecuador.
- Zavala Ponce, R., & Rafael Morales, M. Y. (1999). *SELECCIÓN DEL TREN MOTRIZ DE VEHÍCULOS PESADOS(CARGA Y PASAJEROS)*. Ciudad de México: SANFANDILA.

ANEXOS

ANEXOS

Anexo A. Características Volkswagen 17-210.

Volksbus 17-210 OD MWM

MOTOR

Marca y modelo	MWM 6.10 TCA Turbo Intercooler
Norma de emisiones	Euro II
Nº de Cilindros / Cilindrada (cm³)	6 cilindros en línea / 6449
Diámetro / Carrera de émbolo (mm)	103 / 129
Relación de compresión	18,0:1
Potencia neta máx - cv (kW) @ rpm #	206 (152) @ 2600
Par motor neto máx - kgfm (Nm) @ rpm #	67 (657) @ 1700
Secuencia de inyección	1 - 5 - 3 - 6 - 2 - 4
Sistema de inyección	Bomba inyectora - Bosch P-7100 en línea
Compresor de aire / Capacidad	Knorr - LK 38 / (225 L/m)

- Valores conforme ensayo directiva NBR / ISO 1585

TRANSMISIÓN

Caja de cambios - marca y modelo	Eaton - FS-5106A
Accionamiento	Palanca en el suelo
Nº de marchas	6 adelante (sincronizadas) + 1 reversa
Relaciones de transmisión	1ª 9,01:1
	2ª 5,27:1
	3ª 3,22:1
	4ª 2,04:1
	5ª 1,36:1
	6ª 1,00:1
	Reversa 7,22:1
Tracción	4 x 2

EMBRAGUE

Tipo	Monodisco seco, revestimiento orgánico
Modelo	Luk
Accionamiento	Push type, hidráulico
Diámetro del disco (mm)	380

EJE DELANTERO

Tipo	Viga "I" en acero forjado
Marca y modelo	Meritor FF-844 o Sifco 13 K

EJE TRASERO MOTRIZ

Tipo	Eje rígido, acero estampado
Marca y modelo	Meritor MS 23-145
Relación de reducción - simple	5,86:1 (Urbano) / 4,88:1 (Interurbano)
Marca y modelo	Meritor MS 23-240
Relación de reducción - doble	4,88/6,65:1

SUSPENSIÓN DELANTERA

Tipo	Eje rígido en acero estampado
Muelles	Parabólicos
Amortiguadores	Hidráulicos telescópicos de doble acción
Barra estabilizadora	Standard

SUSPENSIÓN TRASERA

Tipo	Eje rígido motriz
Muelles principales	Semielféuticos de acción progresiva
Amortiguadores	Hidráulicos telescópicos de doble acción
Barra estabilizadora	Standard

DIRECCIÓN

Tipo	Hidráulica integral con esferas recirculantes
Marca y modelo	ZF Servocon 8097
Relación de reducción	20,1:1 - 23,8:1

CHASIS

Tipo	Escalera, perfil constante, superficie llana, remachado y atornillado
Material	Acero LNE 38
RBM - Resistant Bending Moment (Nm)	91.135
Módulo seccional (cm³)	291

RUEDAS Y NEUMÁTICOS

Llantas de las ruedas	
Acero	7,5" x 22,5"
Neumáticos	
Standard	275 / 80 R 22.5
Opcional	11.00 R 22,5

FRENOS

Marca	Master
Tipo	Frenos de aire, "S" came, tambor en las ruedas delanteras y traseras
Circuito	Doble, independiente, depósito triple de aire
Área efectiva de frenado (cm²)	4232
Freno de estacionamiento	Cámara de muelle acumulador
Actuación	Ruedas traseras
Accionamiento	Válvula moduladora en el tablero de instrumentos
Freno motor	Válvula tipo mariposa en el tubo de escape
Actuación	Electroneumático, con interruptor en tablero y comando en el pedal del acelerador y embrague

SISTEMA ELÉCTRICO

Tensión nominal	24V
Batería	2 x 12V - 135Ah
Alternador	80A - 24V

VOLUMENES DE ABASTECIMIENTO (litros)

Tanque de combustible - plástico	275	
Cárter, filtro y arrefecedor	17,0	
Caja de cambios	8,5	
Eje trasero	15,0 (simple)	18,0 (doble)
Dirección	3,6	
Sistema de refrigeración		
Sin calefacción	25,0	
Con calefacción	26,2	

DIMENSIONES (mm)

Distancia entre ejes	5180	5950
Voladizo		
Delantero	2040	
Trasero	3320	2550
Largo total	10540	
Ancho máxima	2455	
Ancho de vía		
Delantera	2100	
Trasera	1835	
Vano libre		
Delantero	244	
Trasero	240	

PESOS (kg)

Peso vacío		
Eje delantero	3030	3060
Eje trasero	1840	1880
Total	4870	4940
Capacidad técnica por eje		
Eje delantero	6200	
Eje trasero	11000	
Total admisible	17200	

Obs.: Los pesos pueden sufrir alteraciones debido a los opcionales.

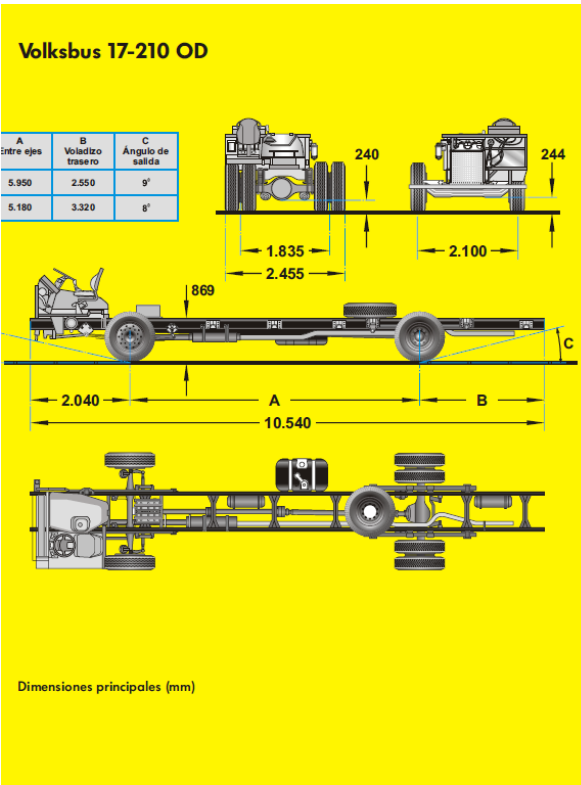
DESEMPEÑO (Cálculo Teórico)

Relación de reducción del eje trasero	5,86:1	4,88:1	4,88/6,65:1
Velocidad máxima (km/h)	85	102	102
Capacidad de rampa en PBV (%)	39	33	45
Partida en rampa en PBV (%)	29	24	33
Relación PBV / Potencia (kg/cv)		82,5	

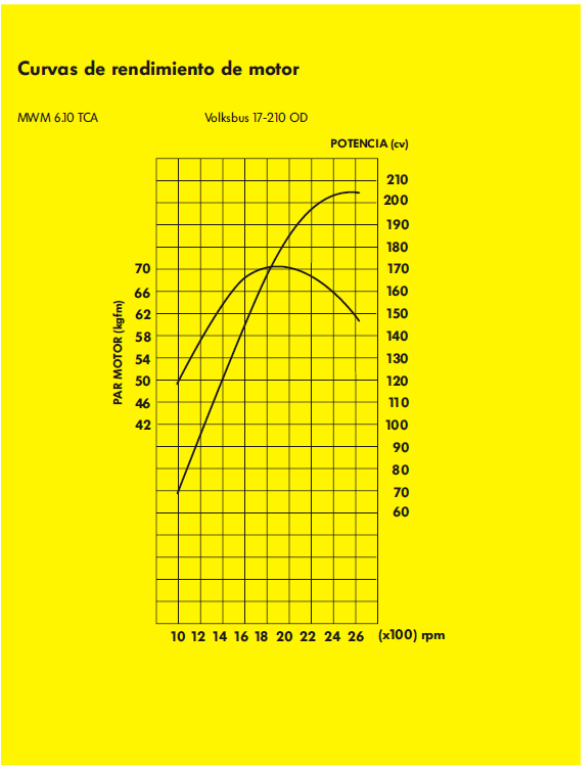
Obs.: Datos proyectados por simulación de rendimiento.

Los datos técnicos pueden alterarse sin aviso previo.

Anexo B. Curvas característica Volkswagen 17-210.



Los Volksbus son hechos bajo medida para el negocio de sus clientes. Sin embargo, la filosofía de hacer exactamente el que el cliente necesita, no termina cuando efectivamos una venta. Ésta sigue valiendo en cada uno de nuestros Concesionarios especializados en Volksbus con un pos-venta también bajo medida, reconocido como uno de los mejores del mercado, con Repuestos también idealizado exactamente para el Volksbus que usted compró.



Su Concesionario Volkswagen:

Anexo C. Especificaciones Neumáticos Bridgestone.

R 297



Características



- Diseño con cuatro surcos rectos y ranuras con ángulos especiales.
- Eyectores de piedras en los surcos centrales.
- Filetes para protección lateral.
- Banda de rodado con construcción capa y base.
- Reductor de ruido.



- Mejor costo / beneficio.
- Excelente tracción en cualquier posición y Mejor Recauchabilidad.
- Buena resistencia al desgaste, cortes y desgarros.
- Excelente resistencia al desgaste en función del ancho de sección de la banda de rodado.

Beneficios

 Medida	 Símbolo de Velocidad	 Índice de carga single/trail	 Ancho de aro recomendado (pulg.)	 Diámetro exterior (mm)	 Ancho de sección (mm)	 Radio estático cargado (mm)	 Revoluciones por kilómetro
275/80R22.5	L	149 / 146	8.25	1023	276	474	321
295/80R22.5	L	148 / 152	9.00	1057	298	497	310

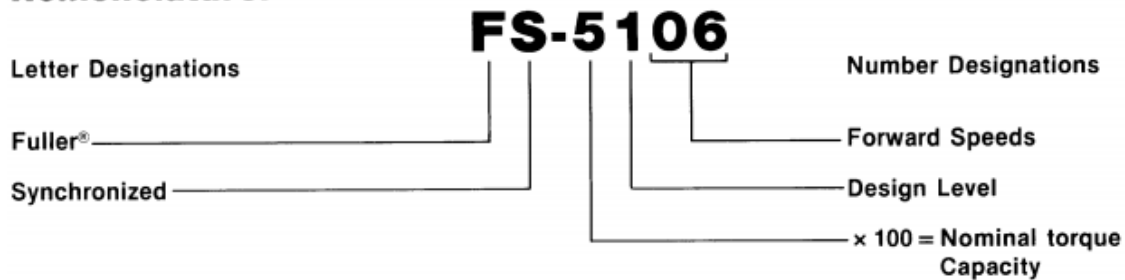
Dirección Carretera

2

Anexo D. Epecificaciones Caja de Cambios Eaton FS 5106A.

MODEL DESIGNATIONS AND SPECIFICATIONS

Nomenclature:



IMPORTANT: All Fuller Transmissions are identified by model and serial number. This information is stamped on the transmission identification tag and affixed to the case.
DO NOT REMOVE OR DESTROY THE TRANSMISSION IDENTIFICATION TAG.

Specifications:

Model	No Speeds	Gear Ratios							Relative Speed PTO Gear to Input R.P.M.		Note 1 Length In. (mm)	Note 2 Weight Lbs. (Kg)	Note 3 011 Capacity Pints (Liters)
		1st	2nd	3rd	4th	5th	6th	Reverse	Left	Right			
FS-5106	6	9.01	5.271	3.250	2.040	1.362	1.000	8.625	.522	522	25.56 (649)	358 (162)	(8.52)
FS-6206	6	9.01	5.271	3.250	2.040	1.362	1.000	8.625	.522	522	25.56 (649)	358 (162)	(8.52)

See Chart Notes.

Anexo E. Índice de carga Neumáticos en Kilos

60	250	120	1400
61	257	121	1450
62	265	122	1500
63	272	123	1550
64	280	124	1600
65	290	125	1650
66	300	126	1700
67	307	127	1750
68	315	128	1800
69	325	129	1850
70	335	130	1900
71	345	131	1950
72	355	132	2000
73	365	133	2060
74	375	134	2120
75	387	135	2180
76	400	136	2240
77	412	137	2300
78	425	138	2360
79	437	139	2430
80	450	140	2500
81	462	141	2575
82	475	142	2650
83	487	143	2725
84	500	144	2800
85	515	145	2900
86	530	146	3000
87	545	147	3075
88	560	148	3150
89	580	149	3250
90	600	150	3350
91	615	151	3450
92	630	152	3550
93	650	153	3650
94	670	154	3750
95	690	155	3875
96	710	156	4000
97	730	157	4125
98	750	158	4250
99	775	159	4375
100	800	160	4500
101	825	161	4625
102	850	162	4750
103	875	163	4875
104	900	164	5000
105	925	165	5150
106	950	166	5300
107	875	167	5450
108	1000	168	5600
109	1030	169	5800
110	1060	170	6000
111	1090	171	6150

Anexo F. Especificaciones ISUZU FTR 32M

SERIE F • CAMIONES CHEVROLET • FICHA TÉCNICA	
Motor	FTR 32M
Amortiguadores	Hidráulicos telescópicos, doble acción
Bastidor material	HT500A
Capacidad combustible / lts.	200 L
Cilindrada (cm3)	7,127 cc
Dirección	Hidráulica de bolas circulares, telescópicas y ajustable en altura
Embrague	Disco seco, accionamiento hidrico
Filtro aire	Elemento sencillo con filtro
Frenos tipo	Full aire (100), con freno motor al escape
Inyección combustible	Comando eléctrico TICS
Modelo	Isuzu 6HE1 TC
Neumáticos	9,00 x 20 • 14 PR
Nro. De cilindros / configuración	6 en línea OHC
Potencia (HP@rpm)	226.8 / 2500
Relación de compresión	16.8:1
Relación final de eje	6,143 : 1
Relaciones 1ra	6,720
Relaciones 2da	4,244
Relaciones 3ta	2,580
Relaciones 4ta	1,540
Relaciones 5ta	1,000
Relaciones 6ta	0,763
Reversa	6.823
Rines	20 x 7,00 T
Sincronización	1ra a 6ta
Sistema de combustible	Gobernador mecánico, bomba de inyección de émbolo
Sistema de enfriamiento	Radiador sencillo pesado presurizado con ventilador y bomba de agua
Sistema eléctrico • Alternador	24 v • 40 Amp
Sistema eléctrico • Batería	2 en paralelo 65 Ah
Sistema eléctrico • Motor de arranque	24 v • 4,5 KW
Suspensión delantera capacidad	6,000 kg
Suspensión delantera eje	Reverse Elliot
Suspensión posterior capacidad	9,200 kg
Suspensión posterior eje	Totalmente flotantes
Suspensión posterior tipo	Ballestas en eje rígido
Tipo	Turbo • Cargado post • enfriamiento
Tipo / palanca de cambio	ISUZU MLD6Q, manual 6 velocidades
Torque kg-m (Nm)@rpm	68 / 1500
Dimensiones y Capacidades	FTR 32M
Alto total (mm)	2,565
Capacidad de carga (kg)	9,800
Distancia entre ejes (mm)	5,050
Largo total (mm)	8,520
Peso Bruto (GVW)	14,200
Peso total / Chasis • Cabina	4,400
Trocha delantera (mm)	1,830

Anexo G. Características transmisión MLD6Q

FTS750 4x4

Driveline Specifications

ENGINE - ISUZU 6HK1-TCC

LUBRICATION

- Pressure feed lubrication with combination full flow and partial flow bypass filter
- Oil capacity: 13.5 litres including filter

COOLING SYSTEM

- Water cooled system thermostatically controlled with pressure vented radiator
- V-Belt driven water pump with 640mm diameter, 8 bladed, viscous hub fan
- Coolant capacity: 23.3 litres

FUEL SYSTEM

- Denso common rail fuel injection
- Fuel filter with water separator
- Paper element air cleaner with raised air stack behind cab
- Fuel tank capacity 200 litres

CLUTCH

- Air assisted hydraulic control, dry, single plate, with 1.2 coil type cushioning springs
- Asbestos free clutch plate 361 mm diameter

TRANSMISSION - MLD6Q

- 6 speed overdrive, with synchromesh on gears 2-6, with short easy grip gear lever

Gear Ratios (1)

1 st	6.720	4 th	1.540
2 nd	4.244	5 th	1.000
3 rd	2.580	6 th	0.763
Reverse	6.823		

- Oil capacity 6.5 litres
- Reverse warning buzzer
- Transfer case ratio: High 1,000:1 Low 1.913:1
- Transfer case oil capacity: 3.0 litres
- Power take-off on left hand side of transmission
- PTO capacity: 25kg-m @ 1500rpm

EXHAUST

- Horizontal exhaust and muffler
- Exhaust brake air operated

FRONT AXLE - CAPACITY 5,000KG

- Banjo type with Birfield joints
- Axle ratio: 5.571 :1
- Final gear size: 365mm
- Oil capacity 5.5 litres

REAR AXLE - CAPACITY 9,200KG

- Isuzu heavy duty fully floating banjo type with hypoid single speed reduction
- Ratio: 5.571:1
- Hypoid type ring gear 398mm diameter
- Oil capacity 8 litres

Warranty

Vehicle: 24 months/100,000km
Powertrain: 36 months/150,000km
Corrosion (Perforation): 36 months
*Whichever comes first. Subject to the terms and conditions detailed in the warranty book.

Chassis Specifications

FRONT SUSPENSION

- Parabolic leaf springs
- Fully wrapped eye with greasable shackles
- Hydraulic double acting, telescopic shock absorbers

REAR SUSPENSION

- Semi-elliptical, alloy steel, tapered, multi-leaf springs
- Fully wrapped eye with greasable shackles
- Bolt fastened spring shackle brackets

STEERING

- Integral power assisted re-circulating ball
- Gear ratio: 18:1 - 22.4 :1
- Turns lock to lock: 3.5
- Gear driven vane type oil pump
- Oil capacity: 3.0 litres
- Soft feel urethane steering wheel 480mm dia. 2 spoke
- Tilt/telescopic steering column adjustable for height and angle

BRAKES

- Dual circuit, air over hydraulic brake system
- Front - two leading shoes
- Rear - dual two leading shoes
- Drum diameter front and rear 410mm
- Total lining area: 3,969 sq cm
- Total swept area: 6,497 sq cm
- Asbestos free lining
- Spring park brake acting on rear wheels
- Air operated exhaust brake
- Air dryer
- 44.8 Ltr total air reservoir capacity

CHASSIS FRAME

- Parallel rail, ladder type channel section with reinforcement and cold riveted crossmembers
- Side member dimensions: 253 x 80 x 7.5 mm with 4.5mm reinforcement
- Width across frame 850mm
- HT540 weldable high tensile steel
- (please refer to Isuzu body builders manual for chassis modifications and body fitment)

WHEELS & TYRES

- Two piece rim and pressed steel disc, 7.00T x 20 with 162mm offset, 8 stud, 20mm bolt size
- Tyres: 10R22.5 radial single front and dual rear
- Spare tyre located in wheel carrier end of frame
- Number of tyres including spare: 7

ELECTRICAL SYSTEM

- 24 volt negative earth system with fuse protection for all major circuits
- Battery: 2x12 volt, 110 amp/hour mounted on chassis side member with protection cover
- Starter motor: 24 volt, 4.5kW output
- Alternator: 24 volt, 50Amp with voltage regulator
- Rear stop and tail lamps and licence plate lamp with long leads for variable body mounting

Cabin Specifications

CAB EXTERIOR

- Forward control, monocoque construction, high roof, cab over engine with welded strengthening ribs and side door impact beams
- Cab tiltable to 45° with torsion bar assistance
- Laminated curved and tinted windshield, toughened side and rear glass
- LH door with large integrated kerb safety window
- Large alloy non-skid entry steps
- European style mirrors, left and right hand sides
- Front mud flaps
- Access to engine fluid check at rear of cab
- Access to washer/clutch fluids through lift up front panel of cab
- Cab finished in "Arc White" enamel paint
- Cab semi float mounted at front and rear (silicone filled mount)
- High intensity discharge head lights with leveling control
- Fog lights

CAB INTERIOR

- Fully trimmed cab interior with cloth seat facings
- Formed roof lining, trim colour Grey
- Isringhausen 6500/517 air suspension driver's seat with auto weight adjustment to 130kg
- Seat belts - 2 retractor, 1 lap
- High back outboard passenger seat, folding centre seat with compartment
- Dual sunvisors
- Cigarette lighter
- Interior rear view mirror
- Interior light - multi lamp (fluorescent)
- Air conditioner manual control
- Covered overhead shelf (lockers)
- AM/FM CD tuner with drivers remote seek switch
- 12V accessory outlet • Wood grain dash panel
- Central locking • Keyless entry
- Ashtray both doors
- Easy grab handles on A Pillars
- Cab exhaust vent upper rear cab
- Power windows
- Lockable tool box with 7,000kg jack & wheel changing tools, tool kit

INSTRUMENTS & CONTROLS

- Gauges: Electronic speedometer with odometer, electronic tachometer, dual air pressure, fuel level, coolant temperature
- Warning lamps: Battery charge, low air pressure, engine overrun, oil pressure, stop/tail light failure and indicator warning light failure
- Indicator lamps: Turn signal, high beam, parking brake, reversing lamp and beeper
- LH side combination stalk switch for windscreen wipers and washer, exhaust brake, hazard flasher
- RH side combination stalk switch for headlamps, high beam, fog lamps and turn signals
- Engine idle speed adjust control
- Key operation for engine stop/start and external engine crank switch for when cab tilted
- LH ext. mirror fold in switch



Sample photo only. Actual vehicle may differ slightly from that shown.

Anexo H. Código de Programación Matlab.

```
clear all;
close all;
clc;
disp('ANÁLISIS DEL TREN DE POTENCIA DE UN AUTOBUS');
disp('PUCE - Maestría de Ingeniería en Transporte');
disp('Bolívar Andrade');
disp(' ');

%VARIABLES GENERALES
% PBV= Peso bruto vehicular(kg).
% h= Altura del vehículo (m)
% w= Ancho del vehículo(m)
% Vr= Velocidad reglamentaria de circulación (km/h).
% a= Altitud sobre el nivel del mar (m)
% pendG=Pendiente max. del terreno[%]: '30%RECOM';

%VARIABLES A CALCULAR
%Pe= Potencia Estimada necesaria para la primera iteración
% S= Capacidad de arranque (%)
% G= Habilidad en ascenso en pendiente (%).
% Pdsug= Relación de paso del diferencial sugerido (adimensional)
% Va= Velocidad aparente (km/h)
% P= Potencia del motor (kW)
% Prr= Potencia para vencer la resistencia al rodamiento (kW)
% fa= Factor de altitud (adimensional)
% Pra= Potencia para vencer la resistencia aerodinámica (kW)
% Pri= Potencia para vencer la resistencia por inercia (kW)
% Pr= Potencia de reserva (kW)

%VARIABLES SIN CLASIFICAR
% nM, nB= Coeficientes de ajuste para la potencia (adimensional)

%VARIABLES NEUMÁTICOS
% rin= Diametro interior [pulg]
% anrueda= Ancho de la rueda[mm]
% altrueda= Alto de la rueda[%]
% tolrdin= Tolerancia radio dinámico[%]
% rdin= Radio dinámico de la rueda [mm]
% d= Diámetro de la llanta (m)
% Cll= Circunferencia de la llanta (m).
% Rv= Revoluciones por kilómetro de la llanta (Rev/km).
% cargarueda=Número de ruedas del vehículo
% numruedas=Carga que soporta la rueda[kg]
% okllantas=validacion neumáticos

%VARIABLES DE CAJA DE CAMBIOS
% Ptl= Relación de paso de la primera velocidad (adimensional).
% Pu= Relación de paso del último engrane de la transmisión
(adimensional)
% Torqcaja=Capacidad Torsional[N.m.]: ');
% Cargacaja=Capacidad Carga Maxima[kg]: ');
% okcargacaja= Validar si la caja soporta al PBV del vehículo
% Nmarchas= Numero de marchas de la caja
% icl= Relación de 1ra marcha
```

```

% ic2= Relación de 2da marcha
% ic3= Relación de 3ra marcha
% ic4= Relación de 4ta marcha
% ic5= Relación de 5ta marcha
% ic6= Relación de 6ta marcha
% ic7= Relación de 7ma marcha
% ic8= Relación de 8va marcha

%VARIABLES DE MOTOR
% Tm= Torque máximo del motor (N-m)
% Rcm= Régimen de consumo mínimo de combustible del motor (Rev/min).
% RPM= Régimen del motor en potencia máxima[rpm]: ')(Rev/min).
% Rtorqmax=Régimen del motor en torque máximo[rpm]: ');

% OTRAS VARIABLES DE MOTOR
% Pef= Potencia motor(efectiva)[kw] (especificaciones motor)
% Pefmax= Potencia motor máximo[kw] (especificaciones motor)
% Prue= Potencia rueda[kw] (Pot motor-perd mec;no influye caja y dif)
% Nm= Par motor[N.m] (especificaciones motor)
% Nmmax= Par motor máximo [N.m] (especificaciones motor)
% Nrueda= Par rueda de cada marcha [N.m] (calculo teórico; influye caja y dif)
% Ccomb= Consumo Combustible[kw] (especificaciones motor)

%VARIABLES DEL DIFERENCIAL
% Pd= Relación de paso del diferencial (adimensional)
% Cargdif= Capacidad de carga del diferencial

%VARIABLES AUXILIARES
% txt= solo para mostrar texto

% PROCESO PARA LA SELECCIÓN DEL TREN MOTRIZ
% =====
%1. SELECCIÓN VEHICULO;(establecer Peso vehículo a analizar)
disp('INGRESE LOS PARÁMETROS GENERALES DEL VEHÍCULO');
PBV=input('>Peso Bruto Vehicular[kg]: ');
h=input('>Altura del vehículo [m]: ');
w=input('>Ancho del vehículo[m]: ');
numruedas=input('>Número de ruedas del vehículo: ');
Vr=input('>Velocidad reglamentaria de circulación [km/h]: ');
a=input('>Altitud sobre el nivel del mar[m]: ');
pendG=input('Pendiente max. del terreno(sugerido 30%)[%]: ');
disp(' ');

%2. SELECCIÓN LLANTAS;f(peso vehiculo al 80%)
disp('INGRESE LOS DATOS DEL NEUMÁTICO ');
cargruedasug=(PBV/numruedas);
txt=['La carga mínima sugerida que debe soportar el neumático es: ',num2str(cargruedasug),'[Kg]'];
disp(txt);
cargarueda=input('>Carga que soporta la rueda[kg]: ');
rin=input('>Diametro interior [pulg]: ');
anrueda=input('>Ancho de la rueda[mm]: ');
altrueda=input('>Alto de la rueda[%]: ');
tolrdin=input('>Tolerancia radio dinámico(sugerido +10%)[%]: ');

```



```

rdin=(rin*25.4/2)+(anrueda*altrueda/100)+tolrdin;% rdin radio dinámico de
la rueda[mm]: ');
d=2*rdin/1000;
Cll=pi*d; %Circunferencia de la llanta (m).
Rv=1000/Cll; % Revoluciones por kilómetro de la llanta (Rev/km).
disp(' ');
% Validar si las ruedas soportan el vehiculo
if (cargarueda>cargruedasug)
okllantas='SI'; %si cumple
else
okllantas='NO'; %no cumple
end

%3. SELECCIÓN CAJA DE CAMBIOS; f(PBV);
disp('INGRESE LOS DATOS DE CAJA DE CAMBIOS');
txt=['La capacidad de carga de la caja debe ser mayor a:
',num2str(PBV),'[Kg]'];
disp(txt);
Cargacaja=input('>Capacidad Carga Maxima[kg]: ');
Pt1=input('>Relación de 1ra marcha: ');
Pu=input('>Relación de última marcha: ');
Torqcaja=input('>Capacidad Torsional[N.m.]: ');
Nmarchas=input('>Número de marchas: ');
% Validar si la caja soportan el peso del vehiculo
if (Cargacaja>PBV)
okcargacaja='SI';%si cumple
else
okcargacaja='NO';%no cumple
end
disp(' ');

%4. SELECCIÓN MOTOR:f(Cálculo de Potencia estimada(Pmotor>Pe),capacidad
torsional de la caja y )
disp('INGRESE LOS DATOS DEL MOTOR');
Pe=((8.78*w)*(h-0.22))+(2.033*PBV/1000); %Potencia Estimada necesaria del
motor para la primera iteración carros pesados
%Pe=((13.44*w)*(h-0.22))+(1.85*PBV/1000); %Potencia Estimada necesaria
del motor para la primera iteración carros buses ok
txt=['La Potencia máxima sugerida para el motor es:
',num2str(Pe),'[Kw]'];
disp(txt);
txt=['El Torque máximo sugerido para el motor es:
',num2str(Torqcaja),'[N.m]'];
disp(txt);
Pmot=input('>Potencia máxima [KW]: ');
Tm=input('>Torque máximo [N.m]: ');
RPM=input('>Régimen del motor en potencia máxima[rpm]: ');
Rtorqmax=input('>Régimen del motor en torque máximo[rpm]: ');
Rcm=input('>Régimen del motor para consumo mínimo de combustible[rpm]:
');

% Validar si el motor tiene la Potencia mínima
requerida(Pmotor>Pestcalculada)
if (Pmot>=Pe)
okpotmotor='SI';%si cumple
else

```

```

    okpotmotor='NO';%no cumple
end

% Validar si la caja soporta el Torque del
Motor(CapacidadTorqcaja>Tmotor)
if (Torqcaja>=Tm)
    oktorqmotorcaja='SI';%si cumple
else
    oktorqmotorcaja='NO';%no cumple
end
disp(' ');

%5. SELECCIÓN DIFERENCIAL;f((Vmax(rpm max potencia)>=
Vpermitida+15km/h,Paso diferencial sugerido(rpm mínimo de consumo), PBV)
disp('INGRESE LAS RELACIONES DEL SISTEMA DIFERENCIAL ');
Pdsug=(60*C11*(Rcm+200))/(1000*Pu*Vr); %Relación de paso del diferencial
txt=['La relación del diferencial sugerida es: ',num2str(Pdsug),' '];
disp(txt);
Pd=input('>Relación del diferencial: ');
txt=['La capacidad mínima de carga sugerida para el diferencial es:
',num2str(PBV),' [Kg]'];
disp(txt);
Cargdif=input('>Capacidad de carga del diferencial[kg]: ');
disp(' ');
disp(' ----- PARÁMETROS CALCULADOS -----' );
Vmax=(d*RPM*39.37*1.609)/(Pd*Pu*336); %Velocidad maxima cinematica
txt=['-Velocidad Máxima: ',num2str(Vmax),' [km/h]'];
disp(txt);

if (Cargdif>=PBV)% Validar si diferencial soporta el PBV
    okdifcarga='SI';%si cumple
else
    okdifcarga='NO';%no cumple
end

if (Pd<=Pdsug) % Validar si cumple con diferencial sugerido
    if (Vmax>=(Vr+15))
        okdifrel='SI';%si cumple
        okdifvmax='SI'; %si cumple
    else
        okdifrel='SI, pero velocidad muy baja, disminuir Paso
dif.));%si cumple
        okdifvmax='NO'; %no cumple
    end
else
    okdifrel='NO, disminuir el Paso dif';%no cumple
    okdifvmax='NO'; %no cumple
end

%6. CÁLCULO Capacidad de arranque; debe ser al menos del 25% (25% para
%ibarra, 30% para Tulcán, 10% para guayaquil), o valor de pendG
S=((Tm*Pd*Pt1*Rv/PBV)*0.0503)-1.75;
txt=['*Capacidad de arranque: ',num2str(S),' [%]'];
disp(txt);
if (S>=pendG)% Validar si tiene capacidad para arrancar en cuestas
    okarranq='SI';%si cumple

```

```

else
    okarranq='NO';%no cumple, cambiar caja o diferencial
end

%7. VERIFICAR que la Potencia de Reserva Pr> 0
Va=(d*Rtorqmax*39.37)/(Pd*Pt1*336); %Velocidad aparente MILLAS/HORA
txt=['-Velocidad Aparente: ',num2str(Va*1.609),'[Km/hora]'];
disp(txt);

Prr=((Va*(7.6+0.09*Va)*(PBV*(10^-3)/0.454))/375)*0.7457;%Potencia para
vencer la resistencia al rodamiento [kw]
txt=['-Potencia para vencer la resistencia al rodamiento: ',num2str(Prr),'[kw]'];
disp(txt);

fa=(((-2464.71*10^(-8))*a/0.3048)+(9873.53*10^(-4)))*%factor de altitud
txt=['-Factor de Altitud: ',num2str(fa)];
disp(txt);

Pra=(0.002*(Va^3)*((h/0.3048)-0.75)*(w/0.3048)*fa/375)*0.7457;%% Potencia
para vencer la resistencia aerodinámica [Kw]
txt=['-Potencia para vencer la resistencia aerodinámica: ',num2str(Pra),'[Kw]'];
disp(txt);

%Selección nM y nB
nM=0;nB=0;
if RPM>=800 && RPM<1000
    nM=0.00016; nB=0.96839;
end
if RPM>=1000 && RPM<1200
    nM=0.0002; nB=1;
end
if RPM>=1200 && RPM<1400
    nM=0.00024; nB=0.98232;
end
if RPM>=1400 && RPM<1600
    nM=0.00028; nB=0.98136;
end
if RPM>=1600 && RPM<1800
    nM=0.00032; nB=0.98083;
end
if RPM>=1800 && RPM<2000
    nM=0.00036; nB=0.97076;
end
if RPM>=2000 && RPM<2200
    nM=0.0004; nB=1;
end
if RPM>=2200 && RPM<2400
    nM=0.00048; nB=0.98136;
end
if RPM>=2400 && RPM<2600
    nM=0.00048; nB=0.98136;
end
if RPM>=2600 && RPM<2800
    nM=0.00052; nB=0.98083;
end

```

```

end
if RPM>=2800 && RPM<3000
nM=0.00056; nB=0.97164;
end
if RPM>=3000 && RPM<3200
nM=0.00056; nB=0.97164;
end
if RPM>=3200 && RPM<3400
nM=0.00064; nB=0.99231;
end
if RPM>=3400
nM=0.00062; nB=2.12;
end

Pri=((nM*PBV/0.454)+nB)*0.7457;%Potencia para vencer la resistencia por
inercia [kw]
txt=['-Potencia para vencer la resistencia por inercia:
',num2str(Pri),' [Kw]'];
disp(txt);
%%%P=0.004030*PBV+123.92; %Potencia corregida del motor [no vale]
P=(Pmot)*((-0.00002464*a/0.3048)+1);%Potencia corregida del motor [kw]
Pr=P-(Prr+Pra+Pri); %Potencia de reserva
txt=['-Potencia de reserva: ',num2str(Pr),' [Kw]'];
disp(txt);

if (Pr>=0)% validar que la potencia de reserva>0
okPr='SI';%si cumple
else
okPr='NO';%no cumple
end

%8. CÁLCULO ascenso en pendiente,debe ser 30%(0 pendG) o capacidad de
arranque +5%
G=(37.5*Pr/0.7457)/((PBV/0.454)*(10^-3)*Va);
txt=['*Capacidad de Ascenso es ',num2str(G),' [%]'];
disp(txt);

if (G>=0.3)
okpend='SI';%si cumple
else
okpend='NO';%no cumple
end

disp(' ')
disp(' ===== VERIFICACIÓN DE RESULTADOS =====')
%RESP2
txt=['- Las ruedas soportan el peso del vehiculo: ',okllantas];
disp(txt);
%RESP3
txt=['- La caja soporta la carga generada por el peso del vehiculo:
',okcargacaja];
disp(txt);
%RESP4
txt=['- La Potencia del Motor es mayor o igual a la Potencia
sugerida: ', okpotmotor];
disp(txt);

```

```

        txt=['- La caja de cambios soporta el Torque del Motor:
',oktorqmotorcaja];
        disp(txt);
        %RESP5
        txt=['- El diferencial soporta la carga generada por el peso del
vehiculo: ',okdifcarga];
        disp(txt);
        txt=['- El Paso diferencial es menor o igual al Paso sugerido:
',okdifrel];
        disp(txt);
        txt=['- La Velocidad máxima del vehículo es mayor que Velocidad
permitida+15km/h: ',okdifvmax];
        disp(txt);
        %RESP6
        txt=['- La Capacidad de Arranque(Startability) es mayor o igual a
',num2str(pendG),'%: ', okarranq];
        disp(txt);
        %RESP7
        txt=['- La Potencia de Reserva es mayor a 0: ',okPr];
        disp(txt);
        %RESP8
        txt=['- La capacidad de Ascenso(Gradeability) es mayor o igual a
',num2str(pendG+5),'%: ', okpend];
        disp(txt);
        disp(' ');

%9. Preguntar si continuas con el analisis

seguir=input('Desea seguir el análisis del tren?(y/n): ', 's');
    if strcmp(seguir,'n')
        return;
    end
disp(' ');

%10. Generar Gráficas O Report
%disp(' -----GENERACIÓN DE GRÁFICAS-----')
disp('Ingrese el intervalo de RPMs para la grafica(múltiplos de 100)');
Rpmmin=input('La RPM inicial(sugerido 800 RPM): ');
Rpmmax=input('La RPM final(sugerido RPM Pot max): ');
Intrrpm=input('El intervalo de RPM(sugerido 100 RPM): ');
rpmgrafstar=Rpmmin:Intrrpm:Rpmmax;% definir límite e intervalo de
rpm[rev/min]
finrpmgrafstar=(Rpmmax-Rpmmin)/Intrrpm)+1;
disp(' ')
disp('Ingrese los datos de la CAJA DE CAMBIOS');
ic1=Pt1;
ic2=input('Relación de 2da marcha: ');
ic3=input('Relación de 3ra marcha: ');
ic4=input('Relación de 4ta marcha: ');
ic5=input('Relación de 5ta marcha: ');
ic6=input('Relación de 6ta marcha: ');
ic7=input('Relación de 7ma marcha: ');
ic8=input('Relación de 8va marcha: ');
disp(' ');

```

```

disp('Ingrese el Valor del Par del MOTOR [N.m](según catálogo
fabricante)');
for vx = 1: finrpmgrafstar % para generar secuencia de ingreso de datos
del VECTOR Par motor
    txt=['Par motor para ',num2str(rpmgrafstar(vx)), ' rpm: '];
    Nm(vx)=input(txt);
end
disp(' ');

disp('Ingrese el Valor del Potencia del MOTOR [Kw](según catálogo
fabricante)');
for vx = 1: finrpmgrafstar % para generar secuencia de ingreso de datos
del VECTOR Par motor
    txt=['Potencia efectiva para ',num2str(rpmgrafstar(vx)), ' rpm: '];
    Pef(vx)=input(txt);
end
disp(' ');

disp('Ingrese el Consumo de Combustible [ ](según catálogo fabricante)');
for vx = 1: finrpmgrafstar % para generar secuencia de ingreso de datos
del VECTOR Consumo Combustible
    txt=['Cons.combustible para ',num2str(rpmgrafstar(vx)), ' rpm: '];
    Ccomb(vx)=input(txt);
end

    posRPMtorqmax=find(rpmgrafstar==Rtorqmax);%posición RPM
torq max en el vector rpmgrafstar
    posRPMpotmax=find(rpmgrafstar==RPM);%posición RPM Pot max
en el vector rpmgrafstar

rpmTmaxPmax=rpmgrafstar([1],[posRPMtorqmax:posRPMpotmax]);% generar
vector de rpm entre RPM torq max y RPM pot max

%Cálculos para generar vector Potencia Motor a partir de cálculo con
VECTOR Par motor %[KW]=[N.m]*[rpm]/9500
%%Pef=Nm.*rpmgrafstar./9500;

% CALCULO DE LA VELOCIDAD DE LAS RUEDAS EN CADA MARCHA
v1=(rdin*pi*1.2*10^(-4)/(ic1*Pd)).*rpmgrafstar;%velocidad cinem 1 del
vehículo [Km/h]
v2=(rdin*pi*1.2*10^(-4)/(ic2*Pd)).*rpmgrafstar;%velocidad cinem 2 del
vehículo [Km/h]
v3=(rdin*pi*1.2*10^(-4)/(ic3*Pd)).*rpmgrafstar;%velocidad cinem 3 del
vehículo [Km/h]
v4=(rdin*pi*1.2*10^(-4)/(ic4*Pd)).*rpmgrafstar;%velocidad cinem 4 del
vehículo [Km/h]
v5=(rdin*pi*1.2*10^(-4)/(ic5*Pd)).*rpmgrafstar;%velocidad cinem 5 del
vehículo [Km/h]
v6=(rdin*pi*1.2*10^(-4)/(ic6*Pd)).*rpmgrafstar;%velocidad cinem 6 del
vehículo [Km/h]
v7=(rdin*pi*1.2*10^(-4)/(ic7*Pd)).*rpmgrafstar;%velocidad cinem 7 del
vehículo [Km/h]
v8=(rdin*pi*1.2*10^(-4)/(ic8*Pd)).*rpmgrafstar;%velocidad cinem 8 del
vehículo [Km/h]

%VELOCIDADES DESDE RPM=0 + RPMmin hasta RPM Pmax

```

```

v1graf=[0,v1(1,:)];
v2graf=[0,v2(1,:)];
v3graf=[0,v3(1,:)];
v4graf=[0,v4(1,:)];
v5graf=[0,v5(1,:)];
v6graf=[0,v6(1,:)];
v7graf=[0,v7(1,:)];
v8graf=[0,v8(1,:)];
rpmgraf=[0,rpmgrafstar(1,:)];

%VELOCIDADES DESDE RPM=RPMtorqmax hasta RPM pot max
v1G=[v1(posRPMtorqmax:posRPMpotmax)];
v2G=[v2(posRPMtorqmax:posRPMpotmax)];
v3G=[v3(posRPMtorqmax:posRPMpotmax)];
v4G=[v4(posRPMtorqmax:posRPMpotmax)];
v5G=[v5(posRPMtorqmax:posRPMpotmax)];
v6G=[v6(posRPMtorqmax:posRPMpotmax)];
v7G=[v7(posRPMtorqmax:posRPMpotmax)];
v8G=[v8(posRPMtorqmax:posRPMpotmax)];
rpmG=[rpmgrafstar(posRPMtorqmax:posRPMpotmax)];
finrpmG=((RPM-Rtorqmax)/Intrpm)+1;

% CALCULO DEL PAR DE LAS RUEDAS EN CADA MARCHA
Nrueda1=(Nm.*(ic1*Pd)); %calculo del Par de la rueda en primera marcha
Nrueda2=(Nm.*(ic2*Pd)); %calculo del Par de la rueda en 2 marcha
Nrueda3=(Nm.*(ic3*Pd)); %calculo del Par de la rueda en 3 marcha
Nrueda4=(Nm.*(ic4*Pd)); %calculo del Par de la rueda en 4 marcha
Nrueda5=(Nm.*(ic5*Pd)); %calculo del Par de la rueda en 5 marcha
Nrueda6=(Nm.*(ic6*Pd)); %calculo del Par de la rueda en 6 marcha
Nrueda7=(Nm.*(ic7*Pd)); %calculo del Par de la rueda en 7 marcha
Nrueda8=(Nm.*(ic8*Pd)); %calculo del Par de la rueda en 8 marcha

% CALCULO DE LA CAPACIDAD DE ARRANQUE EN CADA MARCHA
nMt=0.*v1G;
nBt=0.*v1G;
for xnMnB = 1: finrpmG % para generar secuencia de nM y nB para cada
revolución
    if rpmG(xnMnB)<800
        nMt(xnMnB)=0.00016; nBt(xnMnB)=0.96839;
    end
    if rpmG(xnMnB)>=800 && rpmG(xnMnB)<1000
        nMt(xnMnB)=0.00016; nBt(xnMnB)=0.96839;
    end
    if rpmG(xnMnB)>=1000 && rpmG(xnMnB)<1200
        nMt(xnMnB)=0.0002; nBt(xnMnB)=1;
    end
    if rpmG(xnMnB)>=1200 && rpmG(xnMnB)<1400
        nMt(xnMnB)=0.00024; nBt(xnMnB)=0.98232;
    end
    if rpmG(xnMnB)>=1400 && rpmG(xnMnB)<1600
        nMt(xnMnB)=0.00028; nBt(xnMnB)=0.98136;
    end
    if rpmG(xnMnB)>=1600 && rpmG(xnMnB)<1800
        nMt(xnMnB)=0.00032; nBt(xnMnB)=0.98083;
    end
    if rpmG(xnMnB)>=1800 && rpmG(xnMnB)<2000

```

```

nMt(xnMnB)=0.00036; nBt(xnMnB)=0.97076;
end
if rpmG(xnMnB)>=2000 && rpmG(xnMnB)<2200
nMt(xnMnB)=0.0004; nBt(xnMnB)=1;
end
if rpmG(xnMnB)>=2200 && rpmG(xnMnB)<2400
nMt(xnMnB)=0.00048; nBt(xnMnB)=0.98136;
end
if rpmG(xnMnB)>=2400 && rpmG(xnMnB)<2600
nMt(xnMnB)=0.00048; nBt(xnMnB)=0.98136;
end
if rpmG(xnMnB)>=2600 && rpmG(xnMnB)<2800
nMt(xnMnB)=0.00052; nBt(xnMnB)=0.98083;
end
if rpmG(xnMnB)>=2800 && rpmG(xnMnB)<3000
nMt(xnMnB)=0.00056; nBt(xnMnB)=0.97164;
end
if rpmG(xnMnB)>=3000 && rpmG(xnMnB)<3200
nMt(xnMnB)=0.00056; nBt(xnMnB)=0.97164;
end
if rpmG(xnMnB)>=3200 && rpmG(xnMnB)<3400
nMt(xnMnB)=0.00064; nBt(xnMnB)=0.99231;
end
if rpmG(xnMnB)>=3400
nMt(xnMnB)=0.00062; nBt(xnMnB)=2.12;
end
end
%Calcular valores para el calculo de capacidad de arranque en 1ra marcha
Pri1=((nMt.*PBV/0.454)+nBt).*0.7457;%Potencia para vencer la
resistencia por inercia [kw]
Prr1=((v1G./1.609).*(7.6+0.09.*(v1G./1.609)).*(PBV*(10^-
3)/0.454))/375)*0.7457;%Potencia para vencer la resistencia al rodamiento
[kw]
Pra1=(0.002.*((v1G./1.609).^3).*(h/0.3048)-
0.75).*(w/0.3048)*fa/375)*0.7457;% Potencia para vencer la resistencia
aerodinámica [Kw]
Pr1=P-(Prr1+Pra1+Pri1); %Potencia de reserva

%Calcular valores para el calculo de capacidad de arranque en 2 marcha
Pri2=((nMt.*PBV/0.454)+nBt).*0.7457;%Potencia para vencer la
resistencia por inercia [kw]
Prr2=((v2G./1.609).*(7.6+0.09.*(v2G./1.609)).*(PBV*(10^-
3)/0.454))/375)*0.7457;%Potencia para vencer la resistencia al rodamiento
[kw]
Pra2=(0.002.*((v2G./1.609).^3).*(h/0.3048)-
0.75).*(w/0.3048)*fa/375)*0.7457;% Potencia para vencer la resistencia
aerodinámica [Kw]
Pr2=P-(Prr2+Pra2+Pri2); %Potencia de reserva

%Calcular valores para el calculo de capacidad de arranque en 3ra marcha
Pri3=((nMt.*PBV/0.454)+nBt).*0.7457;%Potencia para vencer la
resistencia por inercia [kw]
Prr3=((v3G./1.609).*(7.6+0.09.*(v3G./1.609)).*(PBV*(10^-
3)/0.454))/375)*0.7457;%Potencia para vencer la resistencia al rodamiento
[kw]

```



```

Pra3=(0.002.*((v3G./1.609).^3)*((h/0.3048)-
0.75)*(w/0.3048)*fa/375)*0.7457;%% Potencia para vencer la resistencia
aerodinámica [Kw]
Pr3=P-(Prr3+Pra3+Pri3); %Potencia de reserva

%Calcular valores para el calculo de capacidad de arranque en 4ta marcha
Pri4=((nMt.*PBV/0.454)+nBt).*0.7457;%%Potencia para vencer la
resistencia por inercia [kw]
Prr4=((v4G./1.609).*(7.6+0.09.*(v4G./1.609))*(PBV*(10^-
3)/0.454))/375)*0.7457;%%Potencia para vencer la resistencia al rodamiento
[kw]
Pra4=(0.002.*((v4G./1.609).^3)*((h/0.3048)-
0.75)*(w/0.3048)*fa/375)*0.7457;%% Potencia para vencer la resistencia
aerodinámica [Kw]
Pr4=P-(Prr4+Pra4+Pri4); %Potencia de reserva

%Calcular valores para el calculo de capacidad de arranque en 5ta marcha
Pri5=((nMt.*PBV/0.454)+nBt).*0.7457;%%Potencia para vencer la
resistencia por inercia [kw]
Prr5=((v5G./1.609).*(7.6+0.09.*(v5G./1.609))*(PBV*(10^-
3)/0.454))/375)*0.7457;%%Potencia para vencer la resistencia al rodamiento
[kw]
Pra5=(0.002.*((v5G./1.609).^3)*((h/0.3048)-
0.75)*(w/0.3048)*fa/375)*0.7457;%% Potencia para vencer la resistencia
aerodinámica [Kw]
Pr5=P-(Prr5+Pra5+Pri5); %Potencia de reserva

%Calcular valores para el calculo de capacidad de arranque en 6ta marcha
Pri6=((nMt.*PBV/0.454)+nBt).*0.7457;%%Potencia para vencer la
resistencia por inercia [kw]
Prr6=((v6G./1.609).*(7.6+0.09.*(v6G./1.609))*(PBV*(10^-
3)/0.454))/375)*0.7457;%%Potencia para vencer la resistencia al rodamiento
[kw]
Pra6=(0.002.*((v6G./1.609).^3)*((h/0.3048)-
0.75)*(w/0.3048)*fa/375)*0.7457;%% Potencia para vencer la resistencia
aerodinámica [Kw]
Pr6=P-(Prr6+Pra6+Pri6); %Potencia de reserva

%Calcular valores para el calculo de capacidad de arranque en 7ma marcha
Pri7=((nMt.*PBV/0.454)+nBt).*0.7457;%%Potencia para vencer la
resistencia por inercia [kw]
Prr7=((v7G./1.609).*(7.6+0.09.*(v7G./1.609))*(PBV*(10^-
3)/0.454))/375)*0.7457;%%Potencia para vencer la resistencia al rodamiento
[kw]
Pra7=(0.002.*((v7G./1.609).^3)*((h/0.3048)-
0.75)*(w/0.3048)*fa/375)*0.7457;%% Potencia para vencer la resistencia
aerodinámica [Kw]
Pr7=P-(Prr7+Pra7+Pri7); %Potencia de reserva

%Calcular valores para el calculo de capacidad de arranque en 8va marcha
Pri8=((nMt.*PBV/0.454)+nBt).*0.7457;%%Potencia para vencer la
resistencia por inercia [kw]
Prr8=((v8G./1.609).*(7.6+0.09.*(v8G./1.609))*(PBV*(10^-
3)/0.454))/375)*0.7457;%%Potencia para vencer la resistencia al rodamiento
[kw]

```

```

Pra8=(0.002.*((v8G./1.609).^3)*((h/0.3048)-
0.75)*(w/0.3048)*fa/375)*0.7457;% Potencia para vencer la resistencia
aerodinámica [Kw]
Pr8=P-(Pr8+Pra8+Pri8); %Potencia de reserva

```

```

%Calcular capacidad de arranque en cada marcha
Gv1=((1.609*37.5.*Pr1/0.7457)/((PBV/0.454)*(10^-3)))./v1G;
Gv2=((1.609*37.5.*Pr2/0.7457)/((PBV/0.454)*(10^-3)))./v2G;
Gv3=((1.609*37.5.*Pr3/0.7457)/((PBV/0.454)*(10^-3)))./v3G;
Gv4=((1.609*37.5.*Pr4/0.7457)/((PBV/0.454)*(10^-3)))./v4G;
Gv5=((1.609*37.5.*Pr5/0.7457)/((PBV/0.454)*(10^-3)))./v5G;
Gv6=((1.609*37.5.*Pr6/0.7457)/((PBV/0.454)*(10^-3)))./v6G;
Gv7=((1.609*37.5.*Pr7/0.7457)/((PBV/0.454)*(10^-3)))./v7G;
Gv8=((1.609*37.5.*Pr8/0.7457)/((PBV/0.454)*(10^-3)))./v8G;

```

```

%GENERAR LAS LINEAS DE CAIDA DE RPM EN CADA CAMBIO DE MARCHA
%Calculo de Valor de RPM luego de caida en cada cambio de marcha
rpm1a2=v1(posRPMpotmax)/(rdin*pi*1.2*10^(-4)/(ic2*Pd));
rpm2a3=v2(posRPMpotmax)/(rdin*pi*1.2*10^(-4)/(ic3*Pd));
rpm3a4=v3(posRPMpotmax)/(rdin*pi*1.2*10^(-4)/(ic4*Pd));
rpm4a5=v4(posRPMpotmax)/(rdin*pi*1.2*10^(-4)/(ic5*Pd));
rpm5a6=v5(posRPMpotmax)/(rdin*pi*1.2*10^(-4)/(ic6*Pd));
rpm6a7=v6(posRPMpotmax)/(rdin*pi*1.2*10^(-4)/(ic7*Pd));
rpm7a8=v7(posRPMpotmax)/(rdin*pi*1.2*10^(-4)/(ic8*Pd));

```

```

%vector de rpm para linea de caida en cada cambio de marcha
Lrpm1a2=[RPM,rpm1a2]; Lrpm2a3=[RPM,rpm2a3];
Lrpm3a4=[RPM,rpm3a4]; Lrpm4a5=[RPM,rpm4a5];
Lrpm5a6=[RPM,rpm5a6]; Lrpm6a7=[RPM,rpm6a7];
Lrpm7a8=[RPM,rpm7a8];

```

```

dismrpm1a2=RPM-rpm1a2; dismrpm2a3=RPM-rpm2a3;
dismrpm3a4=RPM-rpm3a4; dismrpm4a5=RPM-rpm4a5;
dismrpm5a6=RPM-rpm5a6; dismrpm6a7=RPM-rpm6a7;
dismrpm7a8=RPM-rpm7a8;

```

```

%vector de velocidad para linea de caida en cada cambio de marcha
Velrpm1a2=[v1(posRPMpotmax),v1(posRPMpotmax)];
Velrpm2a3=[v2(posRPMpotmax),v2(posRPMpotmax)];
Velrpm3a4=[v3(posRPMpotmax),v3(posRPMpotmax)];
Velrpm4a5=[v4(posRPMpotmax),v4(posRPMpotmax)];
Velrpm5a6=[v5(posRPMpotmax),v5(posRPMpotmax)];
Velrpm6a7=[v6(posRPMpotmax),v6(posRPMpotmax)];
Velrpm7a8=[v7(posRPMpotmax),v7(posRPMpotmax)];

```

```

% Mostrar caida RPM
disp(' ');
disp('----Pérdida de RPM en cada cambio de marcha---- ');
txt=['-Cambio de 1ra a 2da: ',num2str(dismrpm1a2),' rpm: '];disp(txt);
txt=['-Cambio de 2ra a 3ra: ',num2str(dismrpm2a3),' rpm: '];disp(txt);
txt=['-Cambio de 3ra a 4ta: ',num2str(dismrpm3a4),' rpm: '];disp(txt);
txt=['-Cambio de 4ta a 5ta: ',num2str(dismrpm4a5),' rpm: '];disp(txt);
txt=['-Cambio de 5ta a 6ta: ',num2str(dismrpm5a6),' rpm: '];disp(txt);

```

```

txt=['-Cambio de 6ta a 7ma: ',num2str(dismrpm6a7),' rpm: '];disp(txt);
txt=['-Cambio de 7ma a 8va: ',num2str(dismrpm7a8),' rpm: '];disp(txt);
disp(' ');

% GENERAR UNA GRÁFICA TOTAL(velocidad vs rpm) POR CADA MARCHA

seguir=input('Desea generar las gráficas?(y/n): ', 's');
if strcmp(seguir,'n')
    return;
end

% GENERAR UNA FIGURA DE 3 GRÁFICAS DE POTENCIA MOTOR, PAR MOTOR Y CONSUMO
COMBUSTIBLE
figure(1);
    subplot (1,3,1); % ubicación del grafico fila1, columna 3 el grafico
    plot(rpmgrafstar,Pef,'-b','MarkerSize',5,'LineWidth',1);%generar
curva de Potencia
    grid; % pone cuadrícula
    xlabel('revoluciones motor[rpm]');
    ylabel('Potencia Efectiva[Kw]');
    title ('Potencia Efectiva vs RPM');
    %legend('Pot.Efectiva');

    subplot (1,3,2); % el grafico
    plot(rpmgrafstar,Nm,'-r','MarkerSize',5,'LineWidth',1);%generar curva
de Par
    grid; % pone cuadrícula
    xlabel('revoluciones motor[rpm]');
    ylabel('Par motor[N.m.]');
    title ('Par motor vs RPM');
    %legend('Par motor');

    subplot (1,3,3); % el grafico
    plot(rpmgrafstar,Ccomb,'-k','MarkerSize',5,'LineWidth',1);%generar
curva de Consumo
    grid; % pone cuadrícula
    xlabel('revoluciones motor[rpm]');
    ylabel('Consumo Combustible[ ]');
    title ('Consumo Combustible vs RPM');
    %legend('Consumo Combustible');

figure(2);

plot(rpmgraf,v1graf,rpmgraf,v2graf,rpmgraf,v3graf,rpmgraf,v4graf,rpmgraf,
v5graf,rpmgraf,v6graf,rpmgraf,v7graf,rpmgraf,v8graf); % grafica
    grid; % pone cuadrícula
    xlabel('revoluciones motor[rpm]');
    ylabel('velocidad[km/h]');
    title ('VELOCIDAD vs RPM');
    legend('1ra','2da','3ra','4ta','5ta','6ta','7ma','8va');
%GENERAR UNA GRAFICA TOTAL DE PAR DE RUEDA POR CADA MARCHA
figure(3);

plot(rpmgrafstar,Nrueda1,rpmgrafstar,Nrueda2,rpmgrafstar,Nrueda3,rpmgrafs
tar,Nrueda4,rpmgrafstar,Nrueda5,rpmgrafstar,Nrueda6,rpmgrafstar,Nrueda7,r
pmgrafstar,Nrueda8); % grafica

```

```

grid; % pone cuadrícula
xlabel('revoluciones motor[rpm]');
ylabel('Par rueda[N.m]');
title ('PAR RUEDA vs RPM');
legend('1ra','2da','3ra','4ta','5ta','6ta','7ma','8va');

% GENERAR GRAFICAS INDIVIDUALES VELOCIDAD VEHÍCULO POR CADA MARCHA
figure(4);
subplot (3,3,1); % el grafico
plot(rpmgraf,v1graf,'-bo','MarkerSize',5,'LineWidth',1)
grid; % pone cuadrícula
xlabel('revoluciones motor[rpm]');
ylabel('velocidad 1ra [km/h]');

subplot (3,3,2); % el grafico
plot(rpmgraf,v2graf,'-gx')
grid; % pone cuadrícula
xlabel('revoluciones motor[rpm]');
ylabel('velocidad 2da [km/h]');

subplot (3,3,3); % el grafico
plot(rpmgraf,v3graf,'-r*')
grid; % pone cuadrícula
xlabel('revoluciones motor[rpm]');
ylabel('velocidad 3ra [km/h]');

subplot (3,3,4); % el grafico
plot(rpmgraf,v4graf,'-c+')
grid; % pone cuadrícula
xlabel('revoluciones motor[rpm]');
ylabel('velocidad 4ta [km/h]');

subplot (3,3,5); % el grafico
plot(rpmgraf,v5graf,'-ms')
grid; % pone cuadrícula
xlabel('revoluciones motor[rpm]');
ylabel('velocidad 5ta [km/h]');

subplot (3,3,6); % el grafico
plot(rpmgraf,v6graf,'-yd')
grid; % pone cuadrícula
xlabel('revoluciones motor[rpm]');
ylabel('velocidad 6ta [km/h]');

subplot (3,3,7); % el grafico
plot(rpmgraf,v7graf,'-k^')
grid; % pone cuadrícula
xlabel('revoluciones motor[rpm]');
ylabel('velocidad 6ta [km/h]');

subplot (3,3,8); % el grafico
plot(rpmgraf,v8graf,'-bp')
grid; % pone cuadrícula
xlabel('revoluciones motor[rpm]');
ylabel('velocidad 6ta [km/h]');

```

```

%GENERAR GRAFICAS INDIVIDUALES DE PAR DE RUEDA POR CADA MARCHA
figure(5);
    subplot (3,3,1); % el grafico
    plot(rpmgrafstar,Nrueda1,'-bo','MarkerSize',5,'LineWidth',1)
    grid; % pone cuadrícula
    xlabel('revoluciones motor[rpm]');
    ylabel('Par de la rueda 1ra [N.m]');

    subplot (3,3,2); % el grafico
    plot(rpmgrafstar,Nrueda2,'-gx')
    grid; % pone cuadrícula
    xlabel('revoluciones motor[rpm]');
    ylabel('Par de la rueda 2da [N.m]');

    subplot (3,3,3); % el grafico
    plot(rpmgrafstar,Nrueda3,'-r*')
    grid; % pone cuadrícula
    xlabel('revoluciones motor[rpm]');
    ylabel('Par de la rueda 3ra [N.m]');

    subplot (3,3,4); % el grafico
    plot(rpmgrafstar,Nrueda4,'-k+')
    grid; % pone cuadrícula
    xlabel('revoluciones motor[rpm]');
    ylabel('Par de la rueda 4ta [N.m]');

    subplot (3,3,5); % el grafico
    plot(rpmgrafstar,Nrueda5,'-ms')
    grid; % pone cuadrícula
    xlabel('revoluciones motor[rpm]');
    ylabel('Par de la rueda 5ta [N.m]');

    subplot (3,3,6); % el grafico
    plot(rpmgrafstar,Nrueda6,'-yd')
    grid; % pone cuadrícula
    xlabel('revoluciones motor[rpm]');
    ylabel('Par de la rueda 6ta [N.m]');

    subplot (3,3,7); % el grafico
    plot(rpmgrafstar,Nrueda7,'-c^')
    grid; % pone cuadrícula
    xlabel('revoluciones motor[rpm]');
    ylabel('Par de la rueda 7ma [N.m]');

    subplot (3,3,8); % el grafico
    plot(rpmgrafstar,Nrueda8,'-bp')
    grid; % pone cuadrícula
    xlabel('revoluciones motor[rpm]');
    ylabel('Par de la rueda 8va [N.m]');

    % GENERAR UNA GRÁFICA TOTAL(rpm, vs cap arranque) POR CADA MARCHA

figure(6);

```

```

plot(rpmgraf,v1graf,':',rpmgraf,v2graf,':',rpmgraf,v3graf,':',rpmgraf,v4g
raf,':',rpmgraf,v5graf,':',rpmgraf,v6graf,':',rpmgraf,v7graf,':',rpmgraf,
v8graf,':',Lrpm1a2,Velrpm1a2,'-x',Lrpm2a3,Velrpm2a3,'-
x',Lrpm3a4,Velrpm3a4,'-x',Lrpm4a5,Velrpm4a5,'-x',Lrpm5a6,Velrpm5a6,'-
x',Lrpm6a7,Velrpm6a7,'-x',Lrpm7a8,Velrpm7a8,'-x'); % grafica
    grid; % pone cuadrícula
    xlabel('revoluciones motor[rpm]');
    ylabel('velocidad[km/h]');
    title ('VELOCIDAD vs CAIDA RPM cambio marcha');
    legend('1ra','2da','3ra','4ta','5ta','6ta','7ma','8va','cambio    1-
2','cambio    2-3','cambio    3-4','cambio    4-5','cambio    5-6','cambio    6-
7','cambio 7-8');

    % GENERAR UNA GRÁFICA TOTAL(rpm, vs cap arranque) POR CADA MARCHA
figure(7);

plot(v1G,Gv1,v2G,Gv2,v3G,Gv3,v4G,Gv4,v5G,Gv5,v6G,Gv6,v7G,Gv7,v8G,Gv8); %
grafica
    grid; % pone cuadrícula
    xlabel('velocidad[km/h]');
    ylabel('capacid arranque[%]');
    title ('CAP. ARRANQUE vs VELOCIDAD');
    legend('1ra','2da','3ra','4ta','5ta','6ta','7ma','8va');

```